



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR TERAPAN (RC 146599)**

**PERBAIKAN TANAH DASAR PADA PROYEK JALAN  
TOL PORONG - GEMPOL STA 35+060 s.d STA  
37+340 MENGGUNAKAN METODE PREFABRICATED  
VERTICAL DRAINED DAN PERKUATAN TIMBUNAN**

**ZAKKY RACHMADI MA'RUF**  
NRP. 10111410000019

Dosen Pembimbing :  
M. KHOIRI, ST. MT. PhD  
NIP. 19740626 200312 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2018



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**FINAL PROJECT (RC 146599)**

**SUBGRADE IMPROVEMENT ON PORONG - GEMPOL HIGHWAY  
PROJECT STA 35+060 TO STA 37+340 WITH  
PREFABRICATED VERTICAL DRAIN AND REINFORCEMENT  
FOR SLOPE STABILITY**

**ZAKKY RACHMADI MA'RUF**  
**NRP. 10111410000019**

**Supervisor :**  
**M. KHOIRI, ST. MT. PhD**  
**NIP. 19740626 200312 1 001**

**D-IV STUDY PROGRAM IN CIVIL ENGINEERING**  
**DEPARTEMEN OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING**  
**VOCATIONAL FACULTY**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA 2018**



**TUGAS AKHIR TERAPAN (RC 146599)**

**PERBAIKAN TANAH DASAR PADA PROYEK JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL STA 35+060 s.d STA 37+340  
MENGUNAKAN METODE PREFABRICATED VERTICAL  
DRAINED DAN PERKUATAN TIMBUNAN**

**ZAKKY RACHMADI MA'RUF**  
**NRP. 10111410000019**

**Dosen Pembimbing :**  
**M. KHOIRI, ST. MT. PhD**  
**NIP. 19740626 200312 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL**  
**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL**  
**FAKULTAS VOKASI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA 2018**



**FINAL PROJECT (RC 146599)**

**SUBGRADE IMPROVEMENT ON PORONG - GEMPOL HIGHWAY  
PROJECT STA 35+060 TO STA 37+340 WITH  
PREFABRICATED VERTICAL DRAIN AND REINFORCEMENT  
FOR SLOPE STABILITY**

**ZAKKY RACHMADI MA'RUF**  
**NRP. 10111410000019**

**Supervisor :**  
**M. KHOIRI, ST. MT. PhD**  
**NIP. 19740626 200312 1 001**

**D-IV STUDY PROGRAM IN CIVIL ENGINEERING**  
**DEPARTEMEN OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING**  
**VOCATIONAL FACULTY**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA 2018**



## LEMBAR PENGESAHAN

### PERBAIKAN TANAH DASAR PADA PROYEK JALAN TOL PORONG – GEMPOL STA 35 + 060 s.d STA 37 + 340 MENGGUNAKAN METODE *PREFABRICATED VERTICAL DRAIN*

#### PROYEK AKHIR TERAPAN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Terapan Teknik  
Pada

Program Studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 10 Januari 2018

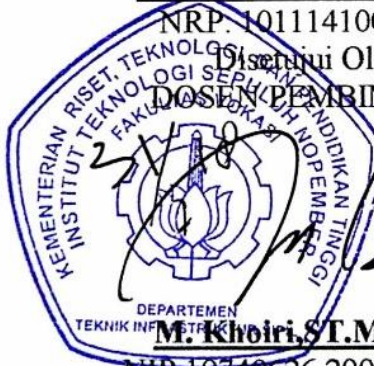
Disusun Oleh:  
MAHASISWA



**Zakky Rachmadi Ma'ruf**

NRP. 10111410000019

Disetujui Oleh:  
DOSEN PEMBIMBING



**M. Khoiri, ST.MT.PhD**

NIP 19740626 200312 1 001


01 AUG 2018


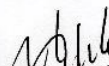
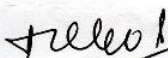





**BERITA ACARA**  
**TUGAS AKHIR TERAPAN**  
PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI ITS


No. Agenda :  
041523/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018

Tanggal : 17 Juli 2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Perbaikan Tanah Dasar pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Porong - Gempol STA 35+060 - 37+340 dengan Metode Pre-Loading dan Pre-Fabricated Vertical Drain (PVD)		
Nama Mahasiswa	Zakky Rachmad Ma'ruf	NRP	1011141000019
Dosen Pembimbing 1	M. Khoiri, ST. MT. PhD NIP 19740626 200312 1 001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	- NIP -	Tanda tangan	

<p>URAIAN REVISI</p>	<p>Dosen Penguji</p>
<p>1. Penjelasan keefektifitasan bahan undangan (perbaikan soal).  2. Penjelasan Bakti dan ketrampilan  Rahsi Kesimpulannya, Perjanjian  3. Cek label Perjanjian.  4. Kertas komposit: Perbandingan &amp; metode  Bakya</p>	 Dr. Machsus, ST. MT NIP 19730914 200501 1 002
<p>- Garis putih data, hal 51-54.  - Gambar Gratekile  - Bagan penyusutan load (prod load).  - Gambar zone P.D.</p>	 M. Khoiri, ST. MT. PhD NIP 19740626 200312 1 001
<p>- Detil gambar Gratekile.  - Penjelasan kecapatan praimbunan vs layer pembuat.  - Gambar Radial / load.  - Penjelasan detil prastasi.  - Hal "11"</p>	 Ir. Djoko Sulistiono, MT. NIP 19541002 198512 1 001
<p>.....  .....  .....  .....  .....  .....  .....  .....  .....  .....</p>	<p>.....  .....  .....  .....  .....  .....  .....  .....  .....  .....</p>
<p>NIP -</p>	<p>NIP -</p>

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
 Dr. Machsus, ST. MT NIP 19730914 200501 1 002	 M. Khoir, ST. MT. PhD NIP 19740626 200312 1 001	 Ir. Djoko Sulistiono, MT. NIP 19541002 198512 1 001	- NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1 	Dosen Pembimbing 2
	M. Khoiri ST, MT, PhD	-





**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**FAKULTAS VOKASI**

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama**

: 1. Zaky Rachmadi Ma'rif 2

**NRP**

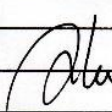
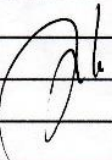
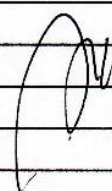
: 1. 10111111000019 2

**Judul Tugas Akhir**

: Perbaikan Tanah Dasar pada Proyek Pembangunan Jalan Tol PORANG - Gempol STA 35+060 - STA 37+240 dengan Metode Pre loading dan prefabricated vertical Drain (PVD)

**Dosen Pembimbing**

: M. Khoiri, ST, MT, PhD

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	9 APRIL 2018	• Denah lokasi proyek, Sketsa - Grafik tanah, Rekapitulasi Data Laboratorium, perhitu- ngan Co - Varian Data Labo- ratorium.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	26 APRIL 2018	• Bandingkan Stratigrafi • Mengidealkan data tanah • Lama penurunan tanah dengan timbunan Asumsi (Tanpa PVD) • Penurunan tanah per layer • lama penurunan tanah dengan PVD, dengan pola pemasangan dan jarak pemasangan.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	27 APRIL 2018	• menambahkan data pada Stratigrafi • hitung penurunan, dan gambar Denah serta potongan. • menghitung waktu penurunan tanpa pvd dan pvd dengan Data yang di analisa secara Visual.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Terlambat dari jadwal



# KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

## ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 2  
 NRP : 1 2  
 Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
4.	2 Mei 2018	Perbaiki Gambar				
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	8 Mei 2018	• membuat Grafik $P_o'/P_c$ (OCR) • menambah panjang yang harus dibuat cast in situ • menghitung penurunan berdasarkan OCR				
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	18 Mei 2018	• mendetailkan Grafik OCR		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	24 Mei 2018	• Periksa penurunan dengan Ca menurut Brga M. Das		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	28 Mei 2018	• hitung Safety Factor pada timbunan 4m • PWF 0,5 m dari atas tanah lunak • Urutkan alir pekerjaan TA		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal





**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**FAKULTAS VOKASI**

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 2  
**NRP** : 1 2  
**Judul Tugas Akhir** :

**Dosen Pembimbing** :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
9.	31. Mei 2018	• Lengkapi semua Gambar				
		• Cari data timbunan				
		• Hitung cu baru, SF baru		B	C	K
		• Rekapitulasi hasil semua.		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	4 Juni 2018	• Buat Power point dengan urut				
				B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.	6 Juni 2018	• Lengkapi gambar teknis				
		• Ilustrasi				
		• Laporan		B	C	K
		• Geotekstil butuh berapa lapis dan berapa panjang		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	3 Juli 2018	• Perhitungan penurunan Akibat timbunan Bertahap				
		• Laporan.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.	9 Juli 2018	• PPT persiapkan yang bagus				
		• Revisi Laporan.				
				B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal

**PERBAIKAN TANAH DASAR PADA PROYEK  
JALAN TOL PORONG – GEMPOL STA 35 + 060 s.d  
STA 37 + 340 MENGGUNAKAN METODE  
PREFABRICATED VERTICAL DRAIN DAN  
PERKUATAN TIMBUNAN**

Nama Mahasiswa : Zakky Rachmadi Ma'ruf  
NRP : 10111410000019  
Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil  
Dosen Pembimbing : M. Khoiri, ST. MT. PhD

**Abstrak**

*Proyek pembangunan jalan tol Porong – Gempol merupakan solusi dari pemerintah provinsi Jawa Timur untuk mengurangi angka kemacetan yang terjadi di jalan raya porong, dikarenakan adanya pengaruh dari terputusnya jalan tol lama akibat banjir lumpur panas yang berasal dari pengeboran zat bumi oleh PT. LAPINDO, sehingga jalan tol Porong – Gempol paket 1 yang dikerjakan oleh PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk. terletak pada sisi tengah dari arteri porong tersebut memiliki panjang 3,815 km, dan disambung oleh PT. Waskita Karya di paket 2. Struktur tipikal yang digunakan oleh 2 pelaksana tersebut adalah struktur pile slab, dengan makna pile menjadi suatu penopang dari struktur badan jalan di atasnya. Pada proyek akhir terapan ini hanya meninjau dari STA 35+060 s.d STA 37+340 yang terbagi menjadi 2 zona sebagai berikut: zona 1 (STA 35+060 s.d STA 36+630) dan zona 2 (STA 36+630 s.d STA 37+340), Pada pemeriksaan kondisi tanah eksisting mendapatkan hasil kedalaman tanah lunak sedalam 27 m pada zona 1 dan sedalam 10 m pada zona 2. Sehingga memungkinkan adanya perbaikan tanah dasar. Apabila terdapat suatu timbunan di atas tanah lunak, maka akan menimbulkan kelongsoran, sehingga diperlukan adanya perkuatan timbunan untuk menghindari terjadinya kelongsoran.*

*Metode yang digunakan untuk perbaikan tanah dasar dalam pengerjaan proyek akhir terapan tersebut menggunakan metode Prefabricated Vertical Drain (PVD) yang diberi timbunan preloading diatasnya, pada perencanaan PVD, digunakan PVD dengan panjang yang sesuai dengan kedalaman tanah lunak, sehingga pada zona 1 menggunakan PVD sedalam 27 m dan pada zona 2 menggunakan PVD sedalam 10 m, hal ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi biaya pada perawatan jalan. Pola pemasangan PVD yang digunakan adalah pola pemasangan segitiga dengan jarak 1,5 m. dan untuk metode perkuatan timbunan menggunakan goetekstile uw 250 sebanyak 4 lapis pada setengah lebar timbunan.*

*Hasil dari biaya material yang dibutuhkan untuk kontruksi bawah dari STA 35+060 s.d 37+340 adalah Rp. 26.193.392.348,88 dengan waktu sekitar 5 bulan sedangkan biaya material yang sesuai pada pekerjaan dari PT. Wijaya Karya Tbk. adalah Rp. 29.612.188.640,00 dengan waktu 7,5 bulan.*

***Kata Kunci : Konsolidasi, Pile Slab, Preloading, PVD, Perbaikan Tanah Dasar***

# **SUBGRADE IMPROVEMENT ON PORONG – GEMPOL HIGHWAY PROJECT STA 35 + 060 TO STA 37 + 340 WITH PREFABRICATED VERTICAL DRAIN AND REINFORCEMENT FOR SLOPE STABILITY**

Student Name : Zakky Rachmadi Ma'ruf  
NRP : 10111410000019  
Department : Civil Infrastructure Engineering  
Supervisor : M. Khoiri, ST. MT. PhD

## **Abstract**

The Porong - Gempol toll road project is a solution from the East Java provincial government to reduce the number of congestion on the Porong highway, due to the influence of the breakdown of the old toll road because the mud flood that occurred from the drilling of earth substances by PT. LAPINDO, Porong - Gempol toll road 1 package undertaken by PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk. located on the middle side of the Porong arterial road has a length of 3.815 km, and continued by PT. Waskita Karya in package 2. The typical structure used by the two contractors is the pile slab structure, with the meaning of pile being a contributor of the road body structure on it. This final project is only reviewed from STA 35 + 060 to STA 37 + 340 which is divided into 2 zones : zone 1 (STA 35 + 060 sd STA 36 + 630) and zone 2 (STA 36 + 630 sd STA 37 + 340), the investigation of existing soil conditions has a result that depth of soft soil is 27 m in zone 1 and 10 m deep in zone 2. So as to enable the improvement of the soil subgrade. If there are embankments on the soft soil, it will lump, so there needs to be a reinforcement to avoid sliding.

The method used for the improvement of the soil in this final project is using a Prefabricated Vertical Drain (PVD) method which is stacked of embankments above it, in PVD planning, PVD is used with a length corresponding to soft soil depth, so in zone 1



using PVD as deep as 27 m and in zone 2 using PVD as deep as 10 m, it aims to improve cost efficiency on road maintenance. The pattern of installation of PVD used is triangle pattern with a distance of 1.5 m. and for reinforcement stability using goetekstle uw 250, 4 layers on half width of embankment.

The result of the material cost in this final project of STA 35 + 060 s.d 37 + 340 is Rp. 26.193,392,348.88 with 5 months while the appropriate material costs on the work of PT. Wijaya Karya Tbk. is Rp. 29.612.188.640,00 with 7.5 months.

***Keyword : Consolidation, Pile Slab, Preloading, PVD, Subgrade Improvement***

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum wr.wb*

Puji dan syukur kepada Allah SWT karena berkat limpahan rahmat dan karuniaNya lah Proyek Akhir Tersebut dengan judul “Perbaikan Tanah Dasar Pada Proyek Jalan Tol Porong – Gempol Sta 35 + 060 s.d Sta 37 + 340 Menggunakan Metode *Prefabricated Vertical Drain* dan Perkuatan Timbunan” ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah membantu selama pengerjaan proyek akhir terapan tersebut, terutama kepada :

1. Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya.
2. Bapak, Ibu, beserta keluarga dirumah yang telah mendukung dan memberi masukan terhadap kebaikan pengerjaan proyek akhir terapan tersebut.
3. Bapak M. Khoiri, ST. MT. PhD selaku dosen pembimbing, atas segala bimbingan dan waktunya dalam penyelesaian proyek akhir terapan.
4. Mua'dz Sofyan Hilmy, Moch. Mardani S, serta teman teman “lanang mbois” lainnya yang telah mendukung dan memberi masukan terhadap kebaikan pengerjaan proyek akhir terapan tersebut.
5. Teman – teman “Laskar Cangkruk” dan “Warjem“ yang telah mendukung dan memberi masukan terhadap kebaikan pengerjaan proyek akhir terapan tersebut.
6. Teman – teman motor “HCOI Surabaya” yang telah mendukung, memberi masukan, dan semangat terhadap kebaikan pengerjaan proyek akhir terapan tersebut.
7. Kakak tingkat Saya Mbak Safitri Nur Wulandari dan Mas Adi Firmansyah atas ilmu dasar dari perbaikan tanah dasar.
8. Bapak Aries Sugiarto Rachman dari Quantity Survey Manager PT. WIJAYA KARYA (Persero) Tbk. yang telah mendukung dan memberi bimbingan terhadap pengerjaan proyek akhir terapan tersebut.

9. Ibu Suci Nuzulla dari Staf Rekrutmen dan Penempatan Human Capital PT. WIJAYA KARYA (Persero) Tbk. yang telah mendukung dan memberi semangat terhadap pengerjaan proyek akhir terapan tersebut.

Penulis memohon maaf apabila dalam proses penyusunan laporan proyek akhir terapan ini mungkin terdapat kesalahan atau kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis agar dimasa datang menjadi lebih baik.

*Wassalamualaikum wr. wb*

Surabaya, Juli 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

lembar Pengesahan Proyek Akhir Terapan.....	
Abstrak.....	i
Abstract.....	iii
Kata Pengantar .....	v
Daftar Isi .....	vii
Daftar Gambar.....	x
Daftar Tabel .....	xiii
Daftar Grafik .....	xvi
Daftar Lampiran .....	xviii
 <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	 <b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan .....	5
1.4 Batasan Masalah .....	6
 <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	 <b>7</b>
2.1 Prinsip – Prinsip Dasar Tanah Lunak .....	7
2.2 Perencanaan Jalan Tol Diatas Tanah Lunak .....	8
2.2.1 Analisa Tanah Eksisting di Lapangan .....	8
2.2.2 Penurunan Tanah .....	11
2.3 Perbaikan Tanah Dasar pada Tanah Lunak .....	13
2.3.1 Pemampatan Tanah dengan <i>Preloading</i> .....	15
2.3.2 Perencanaan Timbunan .....	19
2.3.3 Percepatan Perbaikan Tanah dengan Metode <i>Pre Fabricated Vertical Drain (PVD)</i> .....	29
2.4 Perkuatan Timbunan menggunakan Geotekstile .....	32
 <b>BAB III METODOLOGI .....</b>	 <b>35</b>
3.1 Bagan Alir Pekerjaan Proyek Akhir Terapan .....	35
3.2 Studi Literatur .....	37
3.3 Pengolahan Data dan Analisa Tanah di Lapangan .....	37
3.4 Perencanaan Timbunan .....	38

3.4.1	Perhitungan Tinggi Timbunan Awal ( $H_{\text{inisial}}$ ) dan Tinggi Timbunan Akhir ( $H_{\text{final}}$ ) .....	38
3.5	Analisa Stabilitas Timbunan dengan Menggunakan Program Bantu <i>Geoslope</i> .....	39
3.6	Waktu Pemampatan Tanah dengan Beban Preloading .....	40
3.7	Perencanaan Perbaikan Tanah Dasar .....	40
3.8	Penimbunan Secara Bertahap serta Penurunannya .....	40
3.9	Perkuatan pada Timbunan dengan Geotekstile .....	41
3.10	Hasil Pembahasan .....	41
3.11	Kesimpulan .....	41
<b>BAB IV DATA DAN ANALISA.....</b>		<b>43</b>
4.1	Data Tanah Dasar .....	43
4.2	Data Tanah Timbunan .....	56
4.3	Data Spesifikasi Bahan.....	57
4.3.1	<i>Prefabricated Vertical Drained (PVD)</i> .....	57
4.3.2	Geotekstile .....	57
<b>BAB V PERENCANAAN TIMBUNAN DAN PENURUNAN TANAH .....</b>		<b>58</b>
5.1	Perencanaan Timbunan Zona 1 .....	59
5.1.1	Lapisan Tanah <i>Compressible</i> .....	59
5.1.2	Tegangan <i>Overburden</i> Efektif ( $P_o'$ ) pada Tiap Lapisan.....	59
5.1.3	Penambahan Tegangan ( $\Delta p$ ) .....	60
5.1.4	Menentukan Jenis Lapisan Tanah pada Tanah <i>Compressible</i> .....	61
5.1.5	Penurunan ( <i>settlement</i> ) pada Setiap Kedalaman Tanah .....	70
5.1.6	Tinggi Timbunan Awal ( $H_{\text{inisial}}$ ) dan Timbunan Akhir ( $H_{\text{final}}$ ) .....	80
5.2	Analisa Stabilitas Timbunan dengan <i>Geoslope</i> .....	82
5.3	Waktu Penurunan Tanah dengan Beban Preloading .....	84
<b>BAB VI PERBAIKAN TANAH DASAR.....</b>		<b>89</b>

6.1	Pola Pemasangan PVD dan Waktu Penurunan Tanah dengan PVD .....	89
6.1.1	Pola Pemasangan Segitiga.....	89
6.1.2	Pola Pemasangan Segiempat .....	96

## **BAB VII PENURUNAN AKIBAT PENIMBUNAN SECARA BERTAHAP .....103**

7.1	Penjadwalan Timbunan Bertahap.....	103
7.2	Tegangan pada Setiap Lapisan Tanah untuk Derajat Konsolidasi 100 % .....	104
7.3	Kenaikan daya dukung tanah dasar dengan Cu yang baru .....	108
7.4	Penurunan Tanah Akibat Beban Timbunan Bertahap.....	110

## **BAB VIII PERKUATAN TIMBUNAN MENGGUNAKAN GEOTEKSTILE .....115**

## **BAB IX PERHITUNGAN BIAYA MATERIAL .....125**

9.1	Perhitungan Biaya Material .....	125
-----	----------------------------------	-----

## **BAB X KESIMPULAN DAN SARAN.....143**

10.1	Kesimpulan .....	143
10.2	Saran .....	144

## **DAFTAR PUSTAKA .....145**

## **LAMPIRAN.....146**

*“halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1. 1</b> Tipikal potongan memanjang struktur pile slab (cast in site).....	2
<b>Gambar 1. 2</b> Denah lokasi proyek mulai BH – 4 (STA 35 + 060) .....	3
<b>Gambar 1. 3</b> Denah lokasi proyek BH 5 (STA 36+070) .....	4
<b>Gambar 1. 4</b> Denah lokasi Proyek BH 6 (STA 36+550) .....	4
<b>Gambar 2. 1</b> Klasifikasi tanah berdasarkan data sondir .....	10
<b>Gambar 2. 2</b> Grafik hubungan antara penurunan dengan waktu .....	12
<b>Gambar 2. 3</b> Perkuatan tanah lunak pada timbunan dengan menggunakan geotekstil .....	13
<b>Gambar 2. 4</b> Perkuatan tanah lunak pada timbunan dengan menggunakan <i>Vertical Drain</i> .....	14
<b>Gambar 2. 5</b> Perkuatan tanah lunak pada timbunan dengan <i>Stone Matress</i> .....	14
<b>Gambar 2. 6</b> Perkuatan tanah lunak pada timbunan dengan menggunakan <i>Pile</i> .....	15
<b>Gambar 2. 7</b> Ilustrasi timbunan dalam perhitungan tegangan overburden efektif ( $P_o'$ ) .....	16
<b>Gambar 2. 8</b> Ilustrasi timbunan untuk perhitungan penambahan tegangan .....	18
<b>Gambar 2. 9</b> Bidang luncur pada kelongsoran timbunan .....	21
<b>Gambar 2. 10</b> Ilustrasi penimbunan secara bertahap .....	23
<b>Gambar 2. 11</b> Pola pemasangan Prefabricated Vertical Drain (PVD).....	30
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram alir langkah - langkah pengerjaan proyek akhir terapan.....	35
<b>Gambar 3. 2</b> Diagram alir langkah – langkah pengerjaan proyek akhir terapan (lanjutan) .....	36



<b>Gambar 4. 1</b>	11 Titik <i>Bore Hole</i> yang digunakan sebagai sampel tanah .....	43
<b>Gambar 4. 2</b>	Denah lokasi BH - 04 s.d BH - 07 .....	44
<b>Gambar 4. 3</b>	Denah, Potongan memanjang, dan Pembagian zona .....	45
<b>Gambar 4. 4</b>	<i>Consolidation test</i> BH - 04 (STA 35 + 060) .....	47
<b>Gambar 4. 5</b>	Grafik rekapitulasi data laboratorium (Cv, Cc, e, Pp) Zona 1 .....	52
<b>Gambar 4. 6</b>	Grafik rekapitulasi data laboratorium (Cs, C, $\gamma_t$ , phi) Zona 1 .....	53
<b>Gambar 4. 7</b>	Grafik rekapitulasi data laboratorium (Cv, Cc, e, Pp) Zona 2 .....	54
<b>Gambar 4. 8</b>	Grafik rekapitulasi data laboratorium (Cs, C, $\gamma_t$ , phi) Zona 2 .....	55
<b>Gambar 4. 9</b>	Ilustrasi geometri timbunan .....	57
<b>Gambar 5. 1</b>	Grafik dari hasil OCR sementara .....	66
<b>Gambar 5. 2</b>	Grafik OCR zona 1 .....	68
<b>Gambar 5. 3</b>	Ilustrasi penambahan tegangan akibat beban perkerasan .....	73
<b>Gambar 5. 4</b>	Grafik hubungan $H_{final}$ dan $H_{inisial}$ .....	81
<b>Gambar 5. 5</b>	Analisa stabilitas timbunan 2 m .....	83

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Klasifikasi Tanah Kohesi Berdasarkan NSPT .....	9
<b>Tabel 2. 2</b> Klasifikasi Tanah Kohesi Berdasarkan Data Laboratorium .....	10
<b>Tabel 2. 3</b> Faktor Waktu terhadap Variasi dari Derajat Konsolidasi .....	28
<b>Tabel 2. 4</b> Angka Keamanan Penggunaan Geotekstil .....	33
 <b>Tabel 4. 1</b> Pembagian Zona serta Kedalaman Tanah Lunaknya .....	45
<b>Tabel 4. 2</b> Rekapitulasi Data Laboratorium Zona 1 .....	47
<b>Tabel 4. 3</b> Rekapitulasi Data Laboratorium Zona 1 (Lanjutan) ..	48
<b>Tabel 4. 4</b> Rekapitulasi Data Laboratorium Zona 1 (Lanjutan) ..	48
<b>Tabel 4. 5</b> Rata – Rata Rekapitulasi Data Laboratorium Zona 1 ..	49
<b>Tabel 4. 6</b> Rekapitulasi Data Laboratorium Zona 2 .....	49
<b>Tabel 4. 7</b> Rekapitulasi Data Laboratorium Zona 2 (Lanjutan) ..	50
<b>Tabel 4. 8</b> Rekapitulasi Data Laboratorium Zona 2 (Lanjutan) ..	50
<b>Tabel 4. 9</b> Rata – Rata Rekapitulasi Data Laboratorium Zona 2 ..	51
<b>Tabel 4. 10</b> Rekapitulasi Perhitungan Tinggi Timbunan Rencana .....	56
 <b>Tabel 5. 1</b> Data Tegangan Pra Konsolidasi Zona 1 .....	62
<b>Tabel 5. 2</b> Rata – Rata $P_c'$ Pada Kedalaman Tertentu .....	63
<b>Tabel 5. 3</b> Hasil Tegangan <i>Overburden</i> Efektif .....	64
<b>Tabel 5. 4</b> <i>Overconsolidation Ratio</i> .....	65
<b>Tabel 5. 5</b> Hasil OCR Zona 1 .....	67
<b>Tabel 5. 6</b> Hasil dari Tegangan Pra Konsolidasi Zona 1 .....	69
<b>Tabel 5. 7</b> Rekapitulasi Hasil Penurunan Total Kedalaman Tanah <i>Compressible</i> dengan Variasi Tinggi Timbunan .....	72
<b>Tabel 5. 8</b> Hasil Rekapitulasi $H_{\text{inisial}}$ dan $H_{\text{final}}$ .....	81
<b>Tabel 5. 9</b> Rekapitulasi Angka Keamanan sebelum Perbaikan Tanah Dasar .....	83

<b>Tabel 5. 10</b>	Penurunan Tanah dan Selisih Besar Penurunan Tanah Setiap Tahun .....	86
<b>Tabel 6. 1</b>	Diameter Ekvivalen dengan Variasi Jarak antar PVD.	90
<b>Tabel 6. 2</b>	Fungsi Hambatan PVD Pola Pemasangan Segitiga...	91
<b>Tabel 6. 3</b>	Hasil Derajat Konsolidasi Total untuk Pola Pemasangan Segitiga dengan Spasi 1 M .....	95
<b>Tabel 6. 4</b>	Diameter Ekvivalen dengan Variasi Jarak antar PVD.	97
<b>Tabel 6. 5</b>	Fungsi Hambatan PVD Pola Pemasangan Segiempat	98
<b>Tabel 6. 6</b>	Hasil Derajat Konsolidasi Total untuk Pola Pemasangan Segiempat dengan Spasi 1 M .....	102
<b>Tabel 7. 1</b>	Umur Timbunan Ke-i pada Minggu Ke-6.....	103
<b>Tabel 7. 2</b>	Penambahan Tegangan untuk Derajat Konsolidasi % .....	106
<b>Tabel 7. 3</b>	Penambahan Tegangan untuk Derajat Konsolidasi < 100 % .....	108
<b>Tabel 7. 4</b>	Hasil Kenaikan Cu Baru .....	109
<b>Tabel 7. 5</b>	Rekapitulasi Penurunan Akibat Timbunan Bertahap .....	112
<b>Tabel 8. 1</b>	Rekapitulasi Angka Keamanan Akibat Tinggi Timbunan sebelum PVD.....	115
<b>Tabel 8. 2</b>	Rekapitulasi Angka Keamanan Akibat Timbunan setelah Diberi PVD .....	116
<b>Tabel 8. 3</b>	Hasil Output Slide Mass dari Program Bantu Geoslope dengan Tinggi Timbunan 4 m Zona 2.....	117
<b>Tabel 8. 4</b>	Hasil Output Slide Mass dari Program Bantu Geoslope dengan Tinggi Timbunan 3 m Zona 1 .....	117
<b>Tabel 8. 5</b>	Hasil Perhitungan Momen Penahan oleh Geotekstle dan Panjang Geotekstle di Belakang Bidang Longsor .....	120

<b>Tabel 8. 6</b> Hasil Perhitungan Panjang Geotekstile didepan Bidang Longsor .....	120
<b>Tabel 8. 7</b> Hasil Panjang Total Geotekstile.....	120
<b>Tabel 8. 8</b> Hasil Perhitungan Momen Penahan oleh Geotekstle dan Panjang Geotekstile di Belakang Bidang Longsor .....	122
<b>Tabel 8. 9</b> Hasil Perhitungan Panjang Geotekstile didepan Bidang Longsor .....	123
<b>Tabel 8. 10</b> Hasil Panjang Total Geotekstile .....	123

*“halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **DAFTAR GRAFIK**

<b>Grafik 2. 1</b> Hubungan Faktor Waktu terhadap Variasi Derajat Konsolidasi .....	28
<b>Grafik 6. 1</b> Hubungan Antara Waktu Konsolidasi dengan Derajat Konsolidasi .....	95
<b>Grafik 6. 2</b> Hubungan Antara Waktu Konsolidasi dengan Derajat Konsolidasi .....	102
<b>Grafik 7. 1</b> Penurunan akibat penimbunan bertahap.....	113

*“halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b>	Data Borlog BH - 04 (STA 35 + 060) .....	146
<b>Lampiran 2</b>	Data Borlog BH - 04 (STA 35 + 060) (lanjutan) .	147
<b>Lampiran 3</b>	Data Borlog BH - 05 (STA 36 + 070) .....	148
<b>Lampiran 4</b>	Data Borlog BH - 05 (STA 36 + 070) (lanjutan) .	149
<b>Lampiran 5</b>	Data Borlog BH - 07 (STA 37 + 550) .....	150
<b>Lampiran 6</b>	Data Borlog BH - 07 (STA 37 + 550) (lanjutan) .	151
<b>Lampiran 7</b>	Data Borlog BH - 06 (STA 36 + 630) .....	152
<b>Lampiran 8</b>	Spesifikasi PVD .....	153
<b>Lampiran 9</b>	Spesifikasi Geotekstile .....	154
<b>Lampiran 10</b>	Rekapitulasi Data Laboratorium.....	155
<b>Lampiran 11</b>	Hasil Consolidation Settlement Total dengan Timbunan 1 meter .....	156
<b>Lampiran 12</b>	Hasil <i>Consolidation Settlement</i> Total dengan Timbunan 2 meter .....	157
<b>Lampiran 13</b>	Hasil <i>Consolidation Settlement</i> Total dengan Timbunan 3 meter .....	158
<b>Lampiran 14</b>	Hasil <i>Consolidation Settlement</i> Total dengan Timbunan 4 meter .....	159
<b>Lampiran 15</b>	Hasil Consolidation Settlement Total (Lalu Lintas) dengan Timbunan 1 meter .....	160
<b>Lampiran 16</b>	Hasil Consolidation Settlement Total (Lalu Lintas) dengan Timbunan 2 meter .....	161
<b>Lampiran 17</b>	Hasil Consolidation Settlement Total (Lalu Lintas) dengan Timbunan 3 meter .....	162
<b>Lampiran 18</b>	Hasil Consolidation Settlement Total (Lalu Lintas) dengan Timbunan 4 meter .....	163
<b>Lampiran 19</b>	Hasil Consolidation Settlement Total (Perkerasan) dengan Timbunan 1 meter .....	164
<b>Lampiran 20</b>	Hasil Consolidation Settlement Total (Perkerasan) dengan Timbunan 2 meter .....	165



<b>Lampiran 21</b>	Hasil Consolidation Settlement Total (Perkerasan) dengan Timbunan 3 meter .....	166
<b>Lampiran 22</b>	Hasil Consolidation Settlement Total (Perkerasan) dengan Timbunan 4 meter .....	167
<b>Lampiran 23</b>	Hasil <i>Consolidation Settlement</i> Total dengan Timbunan 1 meter.....	168
<b>Lampiran 24</b>	Hasil <i>Consolidation Settlement</i> Total dengan Timbunan 2 meter.....	168
<b>Lampiran 25</b>	Hasil <i>Consolidation Settlement</i> Total dengan Timbunan 3 meter.....	169
<b>Lampiran 26</b>	Hasil <i>Consolidation Settlement</i> Total dengan Timbunan 4 meter.....	169
<b>Lampiran 27</b>	Penurunan total akibat beban timbunan tahap 1	170
<b>Lampiran 28</b>	Penurunan total akibat beban timbunan tahap 2	171
<b>Lampiran 29</b>	Penurunan total akibat beban timbunan tahap 3	172
<b>Lampiran 30</b>	Penurunan total akibat beban timbunan tahap 4	173
<b>Lampiran 31</b>	Penurunan total akibat beban timbunan tahap 5	174
<b>Lampiran 32</b>	Penurunan total akibat beban timbunan tahap 6	175

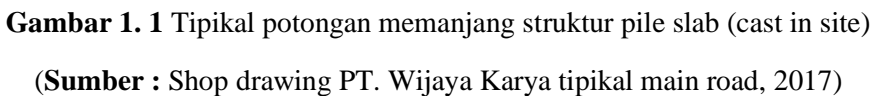
# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

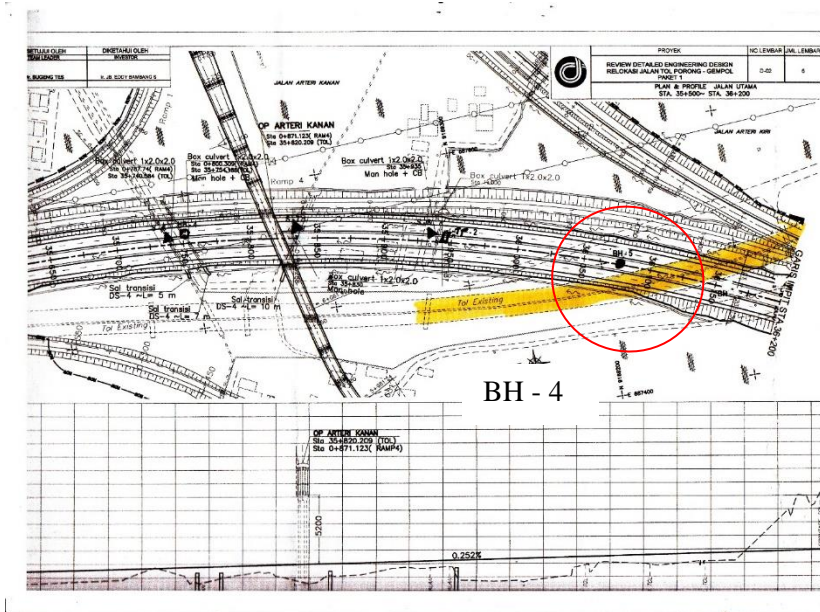
### **1.1 LATAR BELAKANG**

Jalan bebas hambatan (*toll*) Porong – Gempol atau dapat disebut juga jalan *toll* Por – Gem merupakan salah satu jalan *toll* yang berlokasi di Provinsi Jawa Timur. Selama ini akses jalan *toll* untuk menuju jalur selatan yang menghubungkan antara Kota Surabaya dan Kota Malang dan menuju zona timur yang menghubungkan antara Kota Surabaya dan Kabupaten Probolinggo terputus dikarenakan kejadian banjir lumpur panas yang disebabkan oleh proses pengeboran lumpur dari PT. Lapindo sejak tanggal 29 mei 2006. Dampak yang terjadi karena hal tersebut menjadi permasalahan tambahan yaitu terjadinya kemacetan pada jalan provinsi di Kecamatan Porong. Seiring dengan timbulnya permasalahan tambahan dari dampak kejadian banjir lumpur panas lapindo, pemerintah mengusulkan dengan adanya pembangunan jalan arteri Porong yang bertujuan untuk mengurangi panjang antrian dari kemacetan pada jalan Provinsi di Kecamatan Porong. Yang selesai pada bulan Desember 2012 silam. Selain itu untuk meningkatkan laju perekonomian antar daerah, pemerintah merencanakan jalan *toll* yang merupakan pengganti jalan tol lama yang terputus. Meskipun pada jalan arteri porong pun angka kemacetan tidak terlalu tinggi.

Pada pembangunan jalan *toll* Porong – Gempol paket 1 yang dilaksanakan oleh PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk. Tersebut mempunyai panjang jalan 3,815 km dengan lebar jalan 2 x 16,3 m. Pekerjaan konstruksi pada jalan *toll* tersebut adalah menggunakan struktur *pile slab*, dengan pengertian bahwa struktur pada *Slab on Pile* terdiri dari pelat (*slab*), *pier head* dan tiang pancang (*pile*). Pada seluruh pekerjaan pondasi bawah dalam pembangunan jalan *toll* Porong – Gempol paket 1 tersebut menggunakan konstruksi tiang pancang dan pekerjaan tersebut memiliki durasi pekerjaan selama 7,5 Bulan dengan biaya material yang direncanakan.

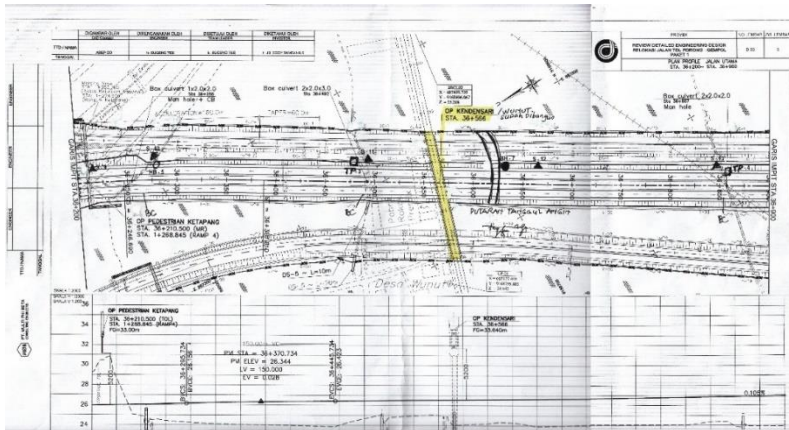


(**Sumber** : Shop drawing PT. Wijaya Karya tipikal main road, 2017)

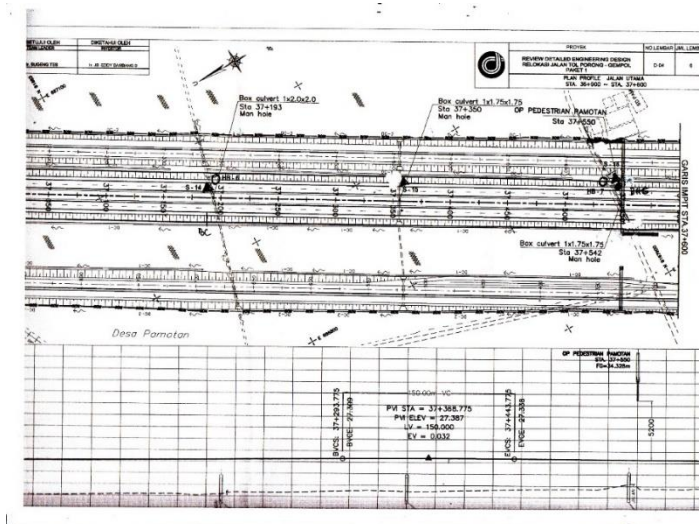


**Gambar 1. 2** Denah lokasi proyek mulai BH - 4 (STA 35 + 060)

(Sumber : Denah lokasi PT. Jasa Marga, 2017)



**Gambar 1. 3** Denah lokasi proyek BH 5 (STA 36+070)  
(Sumber : Denah lokasi PT. Jasa Marga, 2017)



**Gambar 1. 4** Denah lokasi Proyek BH 6 (STA 36+630)  
(Sumber : Denah lokasi PT. Jasa Marga, 2017)

## 1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya maka terdapat perumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa besar pemampatan pada tanah dasar di jalan tol Porong – Gempol STA 35 + 060 hingga STA 37 + 340 ?
2. Berapa waktu yang dibutuhkan untuk proses pemampatan tanah dasar sebelum dan sesudah menggunakan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) ?
3. Bagaimana pertimbangan yang diperhatikan sebelum menyimpulkan harus menggunakan perbaikan tanah dasar ?
4. Bagaimana bentuk pola pemasangan, jarak dan kedalaman yang paling efektif pada pekerjaan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) yang akan dipasang di jalan tol porong – gempol 35 + 060 hingga STA 37 + 340 ?
5. Bagaimana hasil dan dampak dari pemilihan pondasi bawah pada proyek jalan tol Porong – Gempol Paket 1 terhadap biaya dan waktu pekerjaan ?

## 1.3 TUJUAN

Dari perumusan masalah yang ada pada penulisan proyek akhir terapan tersebut, maka tujuan dari proyek akhir terapan tersebut adalah untuk:

- a) Mendapatkan besar pemampatan tanah dasar di jalan tol Porong – Gempol STA 35 + 060 hingga STA 37 + 340.
- b) Mendapatkan durasi pemampatan tanah dasar sebelum dan sesudah menggunakan metode *Prefabricated Vertical Drain* (PVD).
- c) Mengetahui beberapa pertimbangan yang diperhatikan sebelum menyimpulkan harus menggunakan perbaikan tanah dasar.

- d) Mengetahui bentuk pola pemasangan, jarak, dan kedalaman yang paling efektif pada pekerjaan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) yang akan dipasang di jalan tol porong – gempol STA 35 + 060 hingga STA 37 + 340.
- e) Mengetahui hasil dan dampak dari pemilihan pondasi bawah pada proyek jalan tol Porong – Gempol Paket 1 terhadap biaya material dan waktu pekerjaan.

#### **1.4 BATASAN MASALAH**

Dalam penyusunan Proyek Akhir Terapan tersebut penulis membatasi beberapa permasalahan diantaranya:

- 1. Tidak membahas mengenai permasalahan yang terkait dengan pembebasan lahan.
- 2. Tidak membahas mengenai manajemen lalu lintas disekitar lokasi proyek pada saat pengerjaan.
- 3. Tidak membahas mengenai estetika bangunan bawah
- 4. Tidak membahas mengenai produktivitas alat dan pekerja
- 5. Hanya membandingkan biaya dan durasi keseluruhan atau secara umum
- 6. Untuk stabilitas timbunan penulis mengacu pada perbandingan 1:2
- 7. Tidak membahas perawatan perkerasan yang harus dilakukan setelah pekerjaan jalan tol selesai.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Prinsip – Prinsip Dasar Tanah Lunak**

Tanah merupakan dasar dari suatu konstruksi, baik itu konstruksi gedung maupun konstruksi jalan, dan akan menjadi permasalahan apabila tanah tersebut memiliki sifat – sifat yang buruk. Sifat – sifat yang buruk dari tanah dapat mengganggu suatu konstruksi sehingga dapat mengalami kerusakan struktur, hal tersebut sangat tidak diinginkan dalam suatu pekerjaan konstruksi.

Mayoritas dari sifat buruk tanah terdapat pada tanah lunak, di antaranya adalah mempunyai plastisitas yang tinggi, kembang susut yang besar, dan kekuatan geser yang rendah. Pada prinsipnya tanah lunak sangat berpengaruh buruk pada konstruksi bawah pada seluruh bangunan. [1] Tanah lempung adalah tanah yang memiliki partikel – partikel mineral tertentu yang menghasilkan sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air (Grim, 1953). Tanah lempung terdiri dari butir – butir yang sangat kecil ( $< 0.002$  mm) dan menunjukkan sifat – sifat plastisitas dan kohesi.

Kohesi menunjukkan kenyataan bahwa bagian – bagian itu melekat satu sama lainnya, sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu berubah – ubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya, dan tanpa terjadi retakan atau terpecah – pecah (Wesley, 1977). Sifat – sifat yang dimiliki tanah lempung adalah sebagai berikut :

1. Ukuran butir halus, kurang dari 0,002 mm.
2. Permeabilitas rendah.
3. Kenaikan air kapiler tinggi.
4. Bersifat sangat kohesif.
5. Kadar kembang susut yang tinggi.
6. Proses konsolidasi lambat.

Di sisi lain dari buruknya tanah lempung untuk konstruksi bawah suatu bangunan. Tanah lunak atau tanah lempung memiliki



kegunaan atau kelebihan, akan tetapi mayoritas dari kelebihan tanah lunak tersebut tidaklah merujuk kepada konstruksi bangunan melainkan untuk kerajinan tangan, media tanaman – tanaman kota, dan lain – lain.

## **2.2 Perencanaan Jalan Tol Diatas Tanah Lunak**

Berdasarkan penjelasan mengenai prinsip dasar dan sifat – sifat tanah lunak terdapat pertimbangan yang harus di perhatikan mengenai perencanaan pembangunan jalan tol diatas tanah lunak, untuk menghindari terjadinya kerusakan – kerusakan struktur yang akan terjadi karena karakteristik dari tanah lunak tersebut tidak memiliki peran yang baik sebagai konstruksi bawah pada pembangunan jalan tol.

### **2.2.1 Analisa Tanah Eksisting di Lapangan**

Menganalisa tanah eksisting di lapangan merupakan kegiatan awal dari perencanaan bangunan, tujuan dari proses penganalisaan tanah adalah memperoleh keputusan yang tepat dalam pemilihan pondasi, terdapat langkah – langkah untuk dapat menganalisa tanah di lapangan :

- **Pembuatan Stratigrafi Tanah**

Dalam menganalisa tanah eksisting di lapangan, membuat stratigrafi tanah merupakan langkah pertama yang harus diperhatikan karena stratigrafi tanah bertujuan untuk mengetahui kondisi dan jenis tanah dasar di lokasi pembangunan jalan tol Porong – Gempol, atau dengan makna lain, untuk mengamankan struktur badan jalan sepanjang rencana trase terhadap tanah lunak, maka perlu diketahui tebal dan lokasi tanah lunak berdasarkan hasil test lapangan dan laboratorium agar dapat memastikan penanganan yang sesuai untuk tiap lokasi.

Dibawah ini merupakan suatu kriteria tanah lunak berdasarkan data NSPT test, sondir dan data laboratorium.

### A. Tanah lunak/lepas , berdasarkan NSPT

#### - Cohesive Soil

#### - Cohesionless Soil

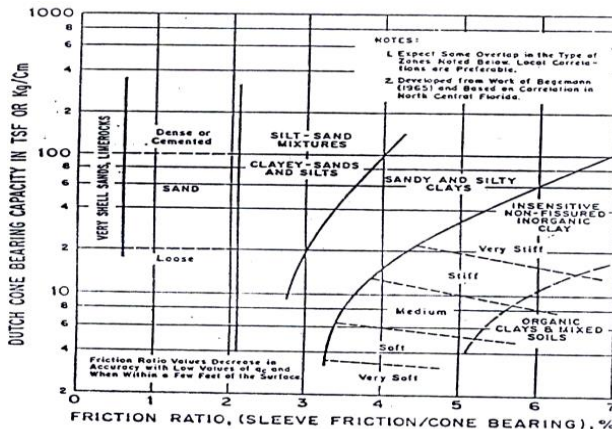
**Tabel 2. 1** Klasifikasi Tanah Kohesi Berdasarkan NSPT

NSPT	Consistency
< 2	Very soft
2 – 4	Soft
4 – 8	Medium
8 – 15	Stiff
15 – 30	Very stiff
> 30	Hard

NSPT	Relative Density
0 – 4	Very loose
4 – 10	Loose
10 – 30	Medium
30 – 50	Dense
> 50	Very dense

(Sumber : Laporan analisa geoteknik)

## B. Tanah lunak/lepas berdasarkan tahanan konus



**Gambar 2. 1** Klasifikasi tanah berdasarkan data sondir

(Sumber : Schmertmann, 1978)

## C. Berdasarkan data laboratorium Tanah Kohesif

**Tabel 2. 2** Klasifikasi Tanah Kohesi Berdasarkan Data Laboratorium

Konsistensi	Nilai NSPT Test	Unconfined Compression Strenght $q_{all}$ ( $kn/m^2$ )
Very soft	< 2	< 25
Soft	2 – 4	25 – 40
Medium	4 – 8	50 – 100
Stiff (firm)	8 – 15	100 – 200
Very stiff	15 – 30	200 – 400
Hard	> 30	> 400

(Sumber : Laporan analisa geoteknik)

### 2.2.2 Penurunan Tanah

Penurunan tanah adalah hal utama yang harus diperhatikan dalam perencanaan jalan tol di atas tanah lunak, dikarenakan hal tersebut berpengaruh terhadap kuatnya suatu konstruksi bangunan yang akan dibangun di atasnya, salah satu yang menjadikan permasalahan dalam melakukan pekerjaan pembangunan di atas tanah lunak yaitu penurunan tanah yang sangat besar. Penurunan yang besar tersebut disebabkan oleh penurunan konsolidasi pada tanah. Penambahan beban di atas suatu permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah di bawahnya mengalami pemampatan. Pemampatan tersebut disebabkan oleh adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, keluarnya air atau udara dari dalam pori, dan sebab – sebab lain [2].

Beberapa faktor tersebut mempunyai hubungan dengan keadaan tanah yang bersangkutan. Secara umum, penurunan (*Settlement*) pada tanah yang disebabkan oleh pembebanan dapat dibagi dalam dua kelompok besar, yaitu :

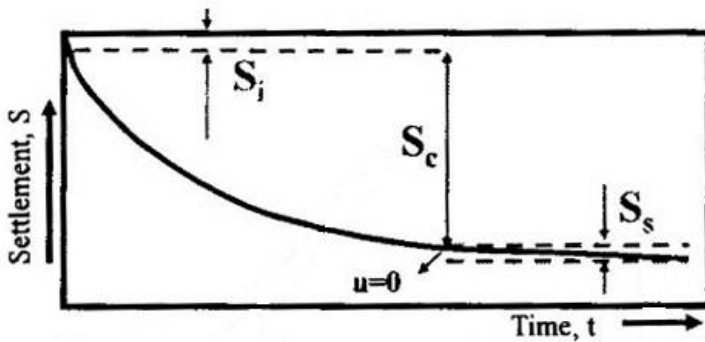
1. **Penurunan Seketika (*Immediate Settlement*)**, yang merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air. Perhitungan penurunan segera umurnya didasarkan pada penurunan yang diturunkan dari teori elastisitas.
2. **Penurunan Konsolidasi (*Consolidation Settlement*)**, yang merupakan hasil dari perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air yang menempati pori – pori tanah
3. **Penurunan Sekunder (*Creep/Secondary Settlement*)**, yang merupakan penurunan yang terjadi setelah penurunan konsolidasi. Penurunan ini terjadi seiring dengan waktu berlalu dan biasanya terjadi sangat lama setelah beban mulai bekerja, di mana partikel tanah mengalami *creep*. Penurunan ini terjadi saat semua tegangan air pori berlebihan di dalam tanah telah terdisipasi dan saat tegangan efektif yang terjadi berada dalam keadaan konstan.

Dengan demikian, penurunan total dari suatu tanah yang dibebani adalah :

$$S_t = S_i + S_c + S_s \quad (2.1)$$

Keterangan :

- $S_t$  = *Settlement Total* (cm)
- $S_i$  = *Settlement Immediatly* (cm)
- $S_c$  = *Settlement Consolidation* (cm)
- $S_s$  = *Settlement Secondary* (cm)



**Gambar 2. 2** Grafik hubungan antara penurunan dengan waktu  
(Sumber : Gouw, 2010)

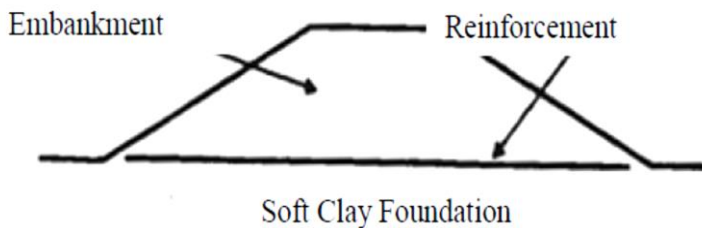
Dengan makna lain, penurunan sekunder terjadi ketika Penurunan konsolidasi telah selesai, yaitu pada saat tegangan air pori berlebih,  $U$ , sama dengan nol.

Terlihat pada grafik hubungan antara penurunan dengan waktu, bahwa penurunan tanah sebagian besar terjadi pada saat penurunan konsolidasi, dan pada saat penurunan konsolidasi tanah mengalami peningkatan kekuatan dan stabilitas.

### 2.3 Perbaikan Tanah Dasar pada Tanah Lunak

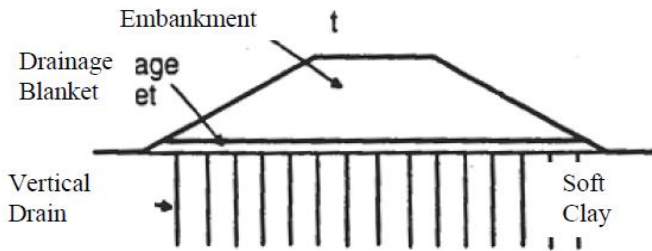
Seperti yang disebutkan pada subbab (2.2.1), salah satu yang menjadikan permasalahan utama adalah penurunan yang sangat besar ketika dibebani, maka untuk menanggulangi permasalahan tersebut diperlukan untuk perbaikan tanah dasar, terdapat beberapa cara perbaikan tanah dasar yang dapat dilakukan:

- Perkuatan dengan Geotekstil
- *Prefabricated Vertical Drain*
- Perkuatan dengan *Stone Mattress*
- Perkuatan tanah dengan *Pile*



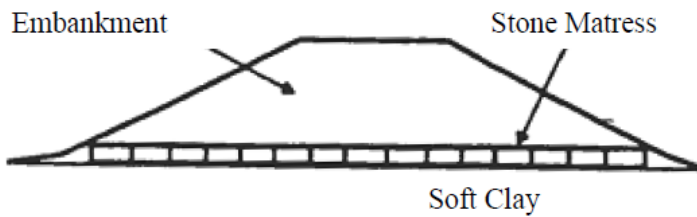
**Gambar 2. 3** Perkuatan tanah lunak pada timbunan dengan menggunakan geotekstil

(Sumber : Gourc, 2003)



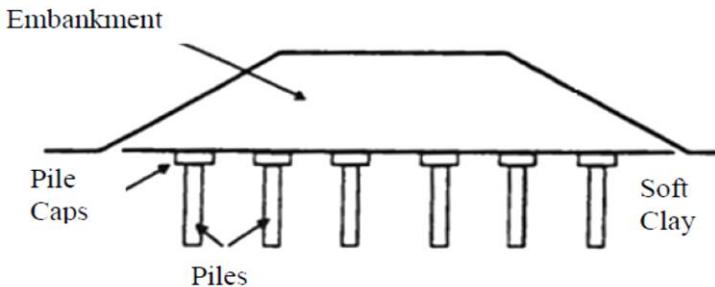
**Gambar 2. 4** Perkuatan tanah lunak pada timbunan dengan menggunakan *Vertical Drain*

(Sumber : Gourc, 2003)



**Gambar 2. 5** Perkuatan tanah lunak pada timbunan dengan *Stone Mattress*

(Sumber : Gourc, 2003)



**Gambar 2. 6** Perkuatan tanah lunak pada timbunan dengan menggunakan *Pile*

(Sumber : Gourc, 2003)

Metode perbaikan tanah yang sering digunakan adalah metode PVD (*Prefabricated Vertical Drain*), yang berarti perkuatan tanah dilakukan dengan cara mempercepat penurunan dari tanah akibat beban. Dengan menggunakan PVD, maka penurunan konsolidasi yang ingin dicapai dapat diperoleh dengan waktu yang lebih singkat.

### **2.3.1 Pemampatan Tanah dengan *Preloading***

Pemampatan pada tanah dasar terjadi akibat diberikannya beban *preload* diatas tanah dasar tersebut yang menyebabkan deformasi partikel tanah serta mengecilnya pori – pori pada tanah tersebut akibat keluarnya air atau udara dari dalam pori. Dalam kasus pemampatan disebut pemampatan konsolidasi (*Consolidation Settlement*). Terdapat dua jenis penurunan atau pemampatan konsolidasi, yaitu konsolidasi normal (*Normally Consolidated*, NC), dan konsolidasi berlebih (*Over Consolidated*, OC).

1. **Tanah terkonsolidasi secara normal, *Normally Consolidated Soil* (NC-Soil)**, yang merupakan tegangan *overburden* efektif pada saat ini adalah merupakan tegangan maksimum yang pernah dialami tanah tersebut.



2. **Tanah terkonsolidasi lebih, *Over Consolidated Soil* (OC-Soil)**, yang merupakan tegangan *overburden* efektif saat ini adalah lebih kecil daripada tegangan yang pernah dialami oleh tanah yang bersangkutan sebelumnya.

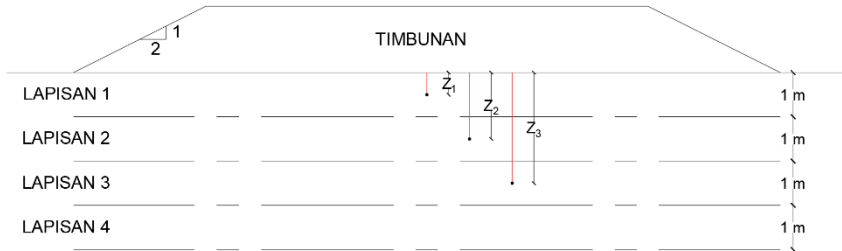
Tanah disebut sebagai NC-Soil atau OC-soil tergantung dari harga *Over Consolidation Ratio* (OCR), yang didefinisikan dengan persamaan berikut ini:

$$\text{OCR} = \frac{P_{c'}}{P'_{o}} \quad (2.2)$$

Keterangan :

$P_{c'}$  = tegangan prakonsolidasi

$P'_{o}$  = tegangan efektif *overburden*



**Gambar 2. 7** Ilustrasi timbunan dalam perhitungan tegangan *overburden* efektif ( $P_o'$ )

Perhitungan tegangan *overburden* efektif untuk lapisan ke-1 menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_{o'1} = \gamma' \times Z_1 \quad (2.3)$$

$$P_{o'1} = (\gamma_{sat} - \gamma_{air}) \times Z_1 \quad (2.4)$$

Keterangan :

- $Z_1$  = setengah tebal lapisan tanah kedalaman tanah 1 m

Perhitungan tegangan *overburden* efektif untuk lapisan ke-2 dan kedalaman selanjutnya menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Po'_2 = \left( \frac{\gamma' \times h_1}{2} \right) + \left( \frac{\gamma' \times h_1}{2} \right) + Po'_1 \quad (2.5)$$

$$Po'_2 = \left( \frac{(\gamma_{sat} - \gamma_{air}) \times h_1}{2} \right) + \left( \frac{(\gamma_{sat} - \gamma_{air}) \times h_2}{2} \right) + Po'_1 \quad (2.6)$$

Berdasarkan teori Terzaghi (1925) untuk perhitungan pemampatan pada tanah lempung adalah:

1. Untuk tanah terkonsolidasi normal (*Normally Consolidated Soil*)

$$S_{ci} = \left[ \frac{Cc}{1+e_0} \log \frac{p'_0 + \Delta p}{p'_0} \right] \times Hi \quad (2.7)$$

2. Untuk tanah terkonsolidasi lebih (*Over Consolidated Soil*)

Jika  $p'_0 + \Delta p < P'_c$  maka :

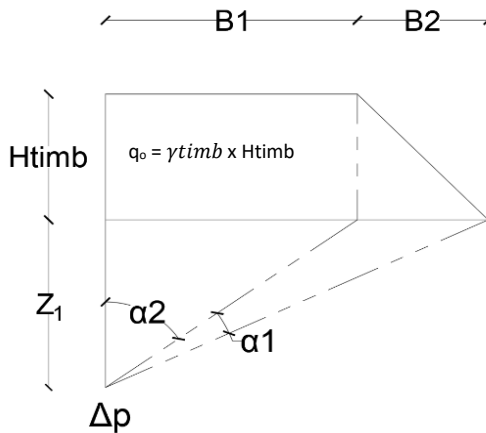
$$S_{ci} = \left[ \frac{Cs}{1+e_0} \log \frac{p'_0 + \Delta p}{p'_0} \right] \times Hi \quad (2.8)$$

Jika  $p'_0 + \Delta p > p'_c$  maka :

$$S_c = \left[ \frac{Cs}{1+e_0} \log \left( \frac{P'_c}{p'_0} \right) + \left( \frac{Cc}{1+e_0} \right) \log \frac{p'_0 + \Delta p}{P'_c} \right] \times Hi \quad (2.9)$$

Keterangan :

- $S_{ci}$  : pemampatan konsolidasi pada lapisan tanah yang ke-i yang ditinjau  
 $H_i$  : tebal lapisan tanah ke-i  
 $E_o$  : angka pori awal dari lapisan tanah ke-i  
 $C_c$  : indeks kompresi dari lapisan ke-i  
 $C_s$  : indeks mengembang dari lapisan ke-i  
 $P_{o'}$  : tegangan Overburden efektif  
 $P_{c'}$  : tegangan prakonsolidasi efektif  
 $\Delta p$  : penambahan beban vertikal pada lapisan yang ditinjau akibat beban timbunan dihitung dengan persamaan:



**Gambar 2. 8** Ilustrasi timbunan untuk perhitungan penambahan tegangan

$$\Delta p = \frac{q_o}{\pi} \left[ \frac{(B_1 + B_2)}{B_2} \right] \times (\alpha_1 + \alpha_2) - \left[ \left( \frac{B_1}{B_2} \right) \times \alpha_2 \right] \quad (2.10)$$

Keterangan :

- $q_o$  = beban timbunan ( $H_{timb} \times \gamma_{timb}$ )
- $B1$  =  $\frac{1}{2}$  lebar timbunan
- $B2$  = lebar kemiringan timbunan ( $2 \times H_{timb}$ )
- $\alpha1$  =  $\tan^{-1} \frac{(B1+B2)}{Z} - \tan^{-1} \frac{B1}{Z}$  (radian)
- $\alpha2$  =  $\tan^{-1} \frac{B1}{Z}$  (radian)

### 2.3.2 Perencanaan Timbunan

#### A. Stabilitas Timbunan terhadap Kelongsoran

Pemeriksaan stabilitas timbunan merupakan salah satu hal yang harus di perhatikan dalam perbaikan tanah dasar dikarenakan dengan pemeriksaan tersebut dapat mengetahui tinggi timbunan yang aman dan tidak menjadikan kelongsoran pada timbunan. Dalam hal pemampatan tanah dasar dengan pemberian beban *preloading* diatasnya, Semakin tinggi timbunan yang digunakan maka semakin cepat juga pemampatan tanah yang akan terjadi, akan tetapi dalam menentukan tinggi timbunan juga harus melalui perhitungan terlebih dahulu. Dengan mengklasifikasikan tinggi timbunan sebagai berikut:

##### 1. Tinggi Timbunan Awal

Perencanaan tinggi timbunan pada awal pelaksanaan, berbeda dengan tinggi timbunan rencana untuk perkerasan jalan tersebut, dikarenakan pada tinggi timbunan awal berperan sebagai beban untuk memampatkan tanah. Oleh karena itu tinggi timbunan awal lebih tinggi daripada tinggi timbunan rencananya. Timbunan awal dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$q = (H_{initial} - Sc)\gamma_{timb} + Sc \cdot \gamma'_{timb} \quad (2.11)$$

$$q = (H_{initial} \times \gamma_{timb}) - (Sc \times \gamma_{timb}) + (Sc \cdot \gamma'_{timb}) \quad (2.12)$$

$$H_{initial} = \frac{q + (Sc \times \gamma_{timb}) - (Sc \cdot \gamma'_{timb})}{\gamma_{timb}} \quad (2.13)$$

$$H_{Akhir} = H_{initial} - Sc \quad (2.14)$$

Keterangan :

$H_{initial}$  = tinggi timbunan awal

$H_{Akhir}$  = tinggi timbunan akhir

$Sc$  = total penurunan tanah akibat timbunan H

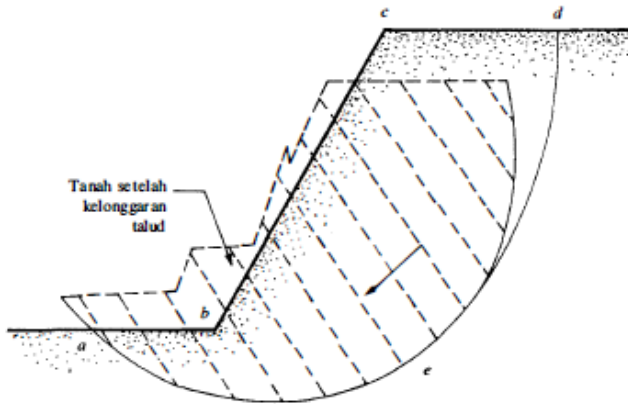
$\gamma'_{Timb}$  = berat volume efektif material timbunan

## 2. Tinggi Timbunan Kritis

Tinggi timbunan kritis merupakan tinggi yang menyebabkan stabilitas timbunan kurang dari angka keamanan adalah 1,2. Tinggi timbunan kritis dapat diperiksa melalui software – software. Terdapat beberapa software yang dapat menganalisa tinggi timbunan kritis, jari-jari bidang longsor, koordinat bidang longsor, angka keamanan (SF), dan momen penahan dari tanah yaitu *Geoslope*, *Xstable*, dan lain – lain. Untuk analisa stabilitas timbunan pada proyek akhir terapan ini Penulis menggunakan program bantu *Geoslope*.

## 3. Kelongsoran Timbunan

Kelongsoran timbunan dapat terjadi jika tinggi timbunan mencapai batas maksimal (kritis), Kelongsoran terjadi karena gaya dorong yang berasal dari timbunan melampaui gaya berlawanan yang berasal dari kekuatan geser tanah sepanjang bidang longsor. Ilustrasi bidang longsor pada timbunan ditunjukkan pada gambar 2.9 sebagai berikut:



**Gambar 2. 9** Bidang luncur pada kelongsoran timbunan

(Sumber : Braja M. Das Jilid 2)

Timbunan dapat dikatakan longsor jika angka keamanannya (SF) < 1,2 apabila SF = 1,2 maka timbunan tersebut mencapai keadaan kritis, apabila SF > 1,2 timbunan tersebut aman dan tidak mengalami kelongsoran. Untuk menentukan angka keamanan dari suatu timbunan dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$F_S = \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad (2.15)$$

Keterangan :

- $F_S$  = angka keamanan
- $\tau_f$  = kekuatan geser rata – rata dari tanah
- $\tau_d$  = tegangan geser rata – rata yang bekerja sepanjang bidang longsor.

( $\tau_f$ ) kekuatan geser rata tanah terdiri dari dua komponen, yaitu kohesi dan geseran, dapat dituliskan dengan persamaan berikut :

$$\tau_f = c + \sigma \tan \theta \quad (2.16)$$

Keterangan :

- c = kohesi  
 $\sigma$  = tegangan normal rata – rata pada permukaan bidang longsor  
 $\theta$  = sudut geser tanah

Untuk perhitungan tegangan geser rata – rata yang bekerja sepanjang bidang longsor ( $\tau_d$ ) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\tau_d = C_d + \sigma \tan \theta_d \quad (2.17)$$

Pada umumnya untuk harga dari angka keamanan terhadap kekuatan geser dapat diterima untuk merencanakan stabilitas timbunan adalah senilai 1,2.

#### **4. Faktor yang Menyebabkan Terjadinya Kelongsoran**

Faktor – faktor penyebab dari kelongsoran pada timbunan yang dapat dibagi menjadi dua kelompok besar (Terzaghi, 1950) adalah :

##### **a. Faktor Dari Luar**

Faktor ini disebabkan karena meningkatnya tegangan geser yang terjadi pada tanah sehingga faktor keamanannya menjadi turun ( $fk < 1,2$ ). Hal ini dapat disebabkan oleh :

1. Turunnnya tegangan horizontal tanah
2. Peningkatan tegangan vertikal tanah
3. Gempa bumi

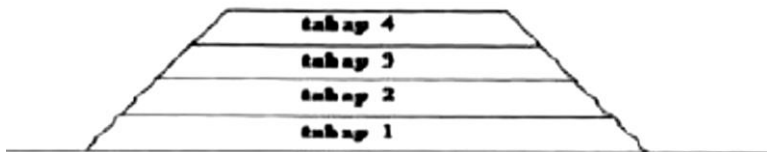
**b. Faktor Dari Dalam**

Faktor ini disebabkan oleh penurunan kekuatan geser tanah yang disebabkan oleh:

1. Peningkatan kadar air yang terjadi pada tanah lempung
2. Struktur geologi dan keadaan geometri talud
3. Absorpsi oleh mineral lempung yang biasanya diikuti oleh penurunan harga kohesi tanah
4. Penyusutan tanah lempung
5. Perubahan berat volume dan tekanan air pori tanah

**B. Timbunan Secara Bertahap dan Besar Pemampatan Tanah**

Pelaksanaan timbunan dilapangan pasti dilaksanakan secara bertahap dengan asumsi kecepatan penimbunan 50 cm/minggu dan untuk memadatkan tanah timbunan secara optimal alat berat dapat memadatkan tanah timbunan setinggi 25 cm/ 4 hari sedangkan untuk maksimalnya setinggi 30 cm dan proses penimbunan bertahap harus sangat diperhatikan, agar timbunan kritis ( $H_{cr}$ ) tidak terjadi kelongsoran.



**Gambar 2. 10** Ilustrasi penimbunan secara bertahap

(Sumber : Modul ajar perbaikan tanah, 2012)

Besar pemampatan tanah yang terjadi akibat penimbunan secara bertahap adalah dengan persamaan sebagai berikut:

**Apabila  $P'_o + \Delta p_1 \leq P_c$**



$$Sc = \left[ \frac{Cs}{1+e_0} \log \left( \frac{P'_{0(i)} + \Delta P_1}{P'_{0(i)}} \right) \right] Hi \quad (2.18)$$

**Apabila  $P'o + \Delta p_1 + \Delta p_2 > Pc$**

$$Sc = \frac{CsH}{1+e_0} \log \frac{P'_{rc}}{P'_{0} + \Delta p_1} + \frac{CcH}{1+e_0} \log \left( \frac{P'_{0} + \Delta p_1 + \Delta p_2}{P'_{rc}} \right) \quad (2.19)$$

**Apabila  $P'o + \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 > Pc$**

$$Sc = \frac{CcH}{1+e_0} \log \left( \frac{P'_{0} + \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3}{P'_{0} + \Delta p_1 + \Delta p_2} \right) \quad (2.20)$$

Keterangan :

$Cc$  = indeks pemampatan (*compression index*)

$Cs$  = indeks pemuatan (*swelling index*)

$P'o$  = tegangan efektif *overburden*

$\Delta p$  = penambahan tekanan vertical

$e_0$  = angka pori

### **C. Peningkatan Daya Dukung Tanah Akibat Beban Timbunan**

Peningkatan daya dukung tanah akan terjadi apabila beban preload diletakkan pada tanah secara bertahap hingga tinggi timbunan kritis, karena pori – pori yang terdapat di tanah dasar akan tertekan sehingga keluar dan menjadikan menurunnya jumlah pori. Untuk dapat mengetahui peningkatan daya dukung tanah yang terjadi dihitung dengan persamaan menurut Ardana dan Mochtar:

Untuk PI yang memiliki harga  $< 120\%$

$$Cu \text{ baru} = 0,0737 + [0,1899 - 0,0016 PI] \times \sigma' \quad (2.21)$$

Untuk PI yang memiliki harga  $\geq 120\%$

$$Cu \text{ baru} = 0,0737 + [0,0454 - 0,00004 PI] \times \sigma' \quad (2.22)$$

Keterangan :

$Cu$  baru = daya dukung tanah setelah beban timbunan ( $\text{kg/cm}^2$ )

PI = indeks plastisitas tanah

$\sigma'$  = tegangan yang terjadi pada lapisan tanah ( $\text{kg/cm}^2$ )

Untuk harga  $\sigma'$  yang berubah sesuai dengan waktu pemampatan dapat dicari dengan persamaan menurut Ardana dan Mochtar (1999)

$$\sigma'_p = \left( \frac{Po' + \Delta p'}{Po'} \right)^U \cdot Po' \quad (2.23)$$

Keterangan :

$Po'$  : tegangan *overburden* efektif

$\sigma'_p$  : tegangan terhadap vertikal efektif

$\Delta p'$  : penambahan beban vertikal pada lapisan yang ditinjau akibat beban timbunan

Bila :  $U = 100\% = 1$ , maka persamaan (2.23) dapat didistribusikan menjadi

$$\sigma'_p = Po' + \Delta p'$$

$$U < 100\% = \text{maka } \sigma'_p < Po' + \Delta p'$$

#### **D. Analisa Stabilitas Timbunan dengan Menggunakan Software Geoslope**

Terdapat beberapa software yang dapat menganalisa tinggi timbunan kritis, jari-jari bidang longsor, koordinat bidang longsor, angka keamanan (SF), dan momen penahan dari tanah untuk stabilitas timbunan yaitu *Geoslope*, *Xstable*, dan lain – lain. Untuk analisa stabilitas timbunan pada proyek akhir terapan ini Penulis menggunakan program bantu *Geoslope*.

### E. Waktu Pemampatan Tanah Dasar dengan Preloading

Proses pemampatan pada tanah lempung yang tebal membutuhkan waktu yang sangat lama. Sehingga menggunakan perbandingan yang menghubungkan antara pemampatan tanah pada saat  $t$  (waktu) dengan pemampatan total yang terjadi yang disebut dengan derajat konsolidasi. Nilai dari derajat konsolidasi memiliki *range* antara 0% sampai 100%. Waktu pemampatan tanah dasar dengan beban diatasnya dapat dihitung dengan cara:

$$t = \frac{(Hdr)^2 T}{C_v} \quad (2.24)$$

Perhitungan tersebut untuk menghitung pemampatan tanah dasar dengan *single drainage*, yang berarti keluarnya air pori ke lapisan yang lebih porous (lolos air) dengan satu drainase saja, atau air pori hanya keluar melalui satu arah vertical, hanya mengarah ke atas atau hanya mengarah ke bawah, sedangkan untuk *double drainage* mempunyai makna keluarnya air pori ke lapisan yang lebih porous (lolos air) dengan dua drainase, atau air pori dapat keluar melalui 2 arah vertical (atas dan bawah) sekaligus. Dalam hal durasi *double drainage* merupakan pilihan yang tepat dalam proses pemampatan tanah dasar dengan *preloading*.

$$t = \frac{\left(\frac{(Hdr)^2 T}{2}\right)}{C_v} \quad (2.25)$$

Perhitungan tersebut untuk menghitung pemampatan tanah dasar dengan *double drainage*.

Keterangan :

- $t$  = waktu pemampatan tanah dasar yang dibutuhkan
- $T$  = faktor waktu yang bergantung dengan besaran derajat konsolidasi
- $Hdr$  = panjang aliran air pori untuk keluar dari dalam tanah
- $C_v$  = koefisien konsolidasi air pori tanah arah vertikal

Untuk tanah berlapis – lapis dengan ketebalan dan harga  $C_v$  yang berbeda, maka harga  $C_v$  gabungan dapat dicari dengan formula sebagai berikut:

$$C_v \text{ gabungan} = \frac{(H_1 + H_2 + \dots + H_n)^2}{\left[ \frac{H_1}{\sqrt{C_{v1}}} + \frac{H_2}{\sqrt{C_{v2}}} + \dots + \frac{H_n}{\sqrt{C_{vn}}} \right]^2} \quad (2.26)$$

Perhitungan faktor waktu untuk derajat konsolidasi dengan nilai 0 – 60 % dirumuskan dengan :

$$T = \frac{\pi}{4} \cdot U^2 = \frac{\pi}{4} \left( \frac{u\%}{100} \right)^2 \quad (2.27)$$

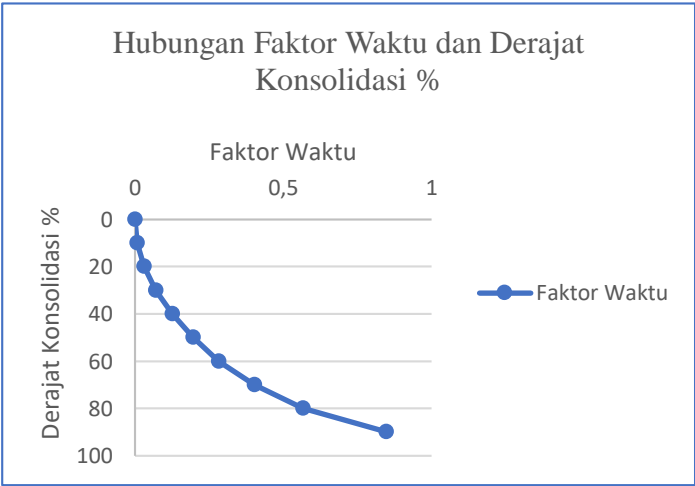
Untuk derajat konsolidasi dengan nilai > 60% dirumuskan dengan :

$$T = 1.781 - 0.933 \log (100 - U\%) \quad (2.28)$$

Dengan persamaan (2.27) dan (2.28) tersebut dapat ditabelkan seperti berikut untuk memudahkan perhitungan dari waktu pemampatan tanah dasar.

**Tabel 2. 3** Faktor Waktu terhadap Variasi dari Derajat Konsolidasi

Derajat Konsolidasi %	Faktor Waktu
0	0
10	0.00785
20	0.0314
30	0.07065
40	0.1256
50	0.19625
60	0.2826
70	0.4028459
80	0.567139
90	0.848
100	-



**Grafik 2. 1** Hubungan Faktor Waktu terhadap Variasi Derajat Konsolidasi

### 2.3.3 Percepatan Perbaikan Tanah dengan Metode *Pre Fabricated Vertical Drain (PVD)*

Pemampatan konsolidasi yang terjadi pada tanah lempung dengan hanya diberi pembebanan preloading diatasnya berlangsung sangat lambat. Oleh sebab itu solusi yang diambil untuk mengatasi permasalahan dari lamanya durasi pemampatan adalah melakukan percepatan perbaikan tanah dengan metode Preloading ditambahkan dengan pemasangan prefabricated vertical drain (PVD). Dengan adanya vertical drain maka air pori tanah tidak hanya mengalir keluar arah vertical saja tetapi juga arah horizontal, vertical drain mempunyai beberapa macam, diantaranya:

- a) Kolom Pasir  
*Vertical drain* terbuat dari tiang – tiang pasir yang dimasukkan ke dalam tanah dengan bantuan pipa bergetar.
- b) *Prefabricated Vertical Drain*  
PVD terbuat dari bahan *geosynthetic*s yang diproduksi dipabrik, bahan ini dapat mengalirkan air dengan baik dan cepat.

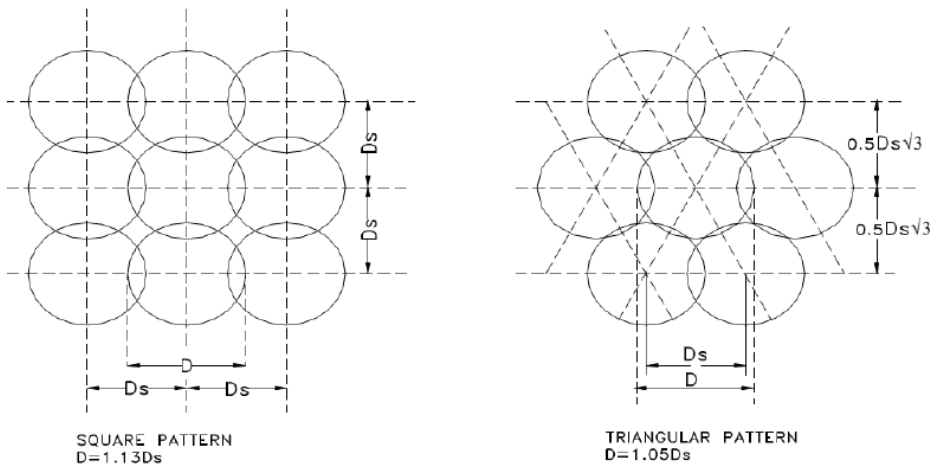
Untuk penulisan proyek akhir terapan ini akan membahas formula untuk PVD saja, dikarenakan PVD lebih umum digunakan di lapangan dibandingkan dengan kolom pasir yang jauh lebih rumit pemasangannya dan lebih mahal biayanya.

#### A. Menentukan Kedalaman Optimal PVD

PVD dapat dipasang hingga kedalaman tanah *compressible* untuk mengatasi penurunan akibat pemampatan tanah. Namun dengan mempertimbangkan biaya dan waktu pengerjaan, PVD dapat juga dipasang tidak mencapai seluruh tanah *compressible*. Hal ini dapat terjadi bila penurunan yang terjadi setelah pemampatan dengan PVD (Pemampatan Sisa) dilapis lagi dengan pelaksanaan *overlay* dalam kurun waktu tertentu. Untuk menentukan kedalaman optimal PVD dapat dilakukan dengan mencoba berbagai kedalaman PVD [1].

## B. Pola Pemasangan PVD

Cara pemasangan PVD terdapat 2 pola, yaitu pola segitiga dan pola segiempat. Pola segitiga (**Gambar 2.11**) mengacu pada bentuk pola pemasangan titik-titik PVD yang dipasang sehingga membentuk pola segitiga, sedangkan pola segiempat (**Gambar 2.11**) berdasarkan bentuk pola pemasangan titik-titik PVD yang dipasang sehingga bentuk pola berupa segiempat. Apabila meninjau pada daerah cakupan drainase air tanah akibat pemasangan PVD, pola segitiga sangat efektif digunakan karena daerah yang tercakup bias hampir mendekati dengan daerah tangkap titik PVD yang lain sehingga hanya menyisakan daerah tak terdrainase yang kecil. Apabila dibandingkan dengan pola segiempat, daerah yang tercakup menyisakan sisa luas yang masih besar sehingga nantinya konsolidasi berjalan tidak maksimal.



**Gambar 2. 11** Pola pemasangan Prefabricated Vertical Drain (PVD)

(Sumber :

<https://reader001.docslide.net/reader001/html5/20170731/55cf881955034664618d5c90/bg3.png>)

### C. Waktu Konsolidasi dengan Menggunakan PVD

Sistem drainase vertikal sangat efektif untuk mempercepat konsolidasi dari tanah kompresif (seperti lempung atau lempung berlanau) sehingga dapat memperpendek periode konstruksi. Sistem drainase vertikal telah dijelaskan oleh Baron (1948) berdasarkan teori aliran arah vertikal yang menggunakan asumsi teori Terzaghi tentang konsolidasi linier satu dimensi. Teori Barron tersebut menetapkan hubungan antara waktu, diameter drain, jarak antar drain, koefisien konsolidasi dan rata – rata derajat konsolidasi. [3] Penentuan waktu konsolidasi dari teori ini dapat dibuat persamaan sebagai berikut :

$$t = \left( \frac{D^2}{8 \cdot Ch} \right) \cdot F(n) \cdot \ln \left( \frac{1}{1-U_h} \right) \quad (2.29)$$

Keterangan :

- T = waktu yang diperlukan untuk mencapai  $U_h$
- D = diameter ekivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari vertical drain  
 $= 1.13 \times S$ , untuk pola susunan bujur sangkar, dan  
 $= 1.05 \times S$ , untuk pola susunan segitiga
- Ch = koefisien konsolidasi tanah akibat aliran air pori arah radial, Ch berkisar 2 sampai 5 kali  $C_v$
- $U_h$  = derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah radial

Diameter equivalent untuk PVD

$$dw = \frac{2(a+b)}{\pi} \quad (2.30)$$

Persamaan (2.24) oleh Barron diatas kemudian dikembangkan lagi oleh Hansbo (1979) untuk PVD. Teori Hansbo tersebut mendekati teori Barron, tetapi lebih disederhanakan dengan memasukkan dimensi fisik dan karakteristik dari PVD. Oleh Hansbo (1979) harga  $F(n)$  didefinisikan sebagai berikut:



$$F(n) = (n^2/(n^2-1)) \times (\ln(n) - \frac{3}{4} - (\frac{1}{4} n^2)) \quad (2.31)$$

Keterangan :

$$n = D/dw$$

## 2.4 Perkuatan Timbunan menggunakan Geotekstile

Tinggi timbunan kritis yang mengakibatkan kelongsoran pada timbunan dapat diatasi dengan menggunakan geotekstile sebagai perkuatan timbunan. Perencanaan jumlah geotekstile sebagai perkuatan tergantung pada besar peningkatan momen perlawanan ( $\Delta MR$ ) yang direncanakan. Perhitungan untuk mencari ( $\Delta MR$ ) dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta MR = (MD \times SF) - MR \quad (2.32)$$

dimana :

MR = momen *resistance* (momen penahan) didapatkan pada hasil *Geoslope*

$\Delta MR$  = momen penahan tambahan yang harus dipikul oleh geotekstile

MD = momen dorong  $\left(\frac{MR}{SF}\right)$  atau didapatkan pada hasil *Geoslope*

SF = angka keamanan (didapatkan dengan program bantu *Geoslope*, *Xstable* atau program sejenis lainnya)

Untuk menghitung besarnya kekuatan geotekstile yang diizinkan digunakan persamaan berikut:

$$T_{allow} = \frac{T}{FS_{id} \times FS_{cr} \times FS_{cd} \times FS_{bd}} \quad (2.33)$$

dimana :

$T_{allow}$  = kekuatan geotekstile yang tersedia

T = kekuatan tarik maksimum geotekstile yang digunakan

$FS_{id}$  = faktor keamanan terhadap kerusakan pada pemasangan (untuk timbunan = 1,1 – 2,0)  $\rightarrow$  digunakan = 1,5

$FS_{cr}$  = faktor keamanan terhadap kerusakan akibat rangkai

(untuk timbunan = 2,0 – 3,0) → digunakan = 3,0  
 $FS_{cd}$  = faktor keamanan terhadap kerusakan akibat bahan-bahan kimia (untuk timbunan = 1,1 – 1,5) → digunakan = 1,25  
 $FS_{bd}$  = faktor keamanan terhadap kerusakan akibat aktifitas biologi dalam tanah (untuk timbunan = 1,1 – 1,5) → digunakan = 1,25

**Tabel 2. 4** Angka Keamanan Penggunaan Geotekstile

Penggunaan Geotextile	Faktor Pemasangan, $FS_{id}$	Faktor Rangkak, $FS_{cr}$	Faktor Kimia, $FS_{cd}$	Faktor Biologi, $FS_{bd}$
Separation	1,1 – 2,5	1,1 – 1,2	1,0 – 1,5	1,0 – 1,2
Cushioning	1,1 – 2,0	1,2 – 1,5	1,0 – 2,0	1,0 – 1,2
Unpaved Roads	1,1 – 2,0	1,5 – 2,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,2
Walls	1,1 – 2,0	2,0 – 4,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Embankments	1,1 – 2,0	2,0 – 3,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Bearing Capacity	1,1 – 2,0	2,0 – 4,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Slope Stabilization	1,1 – 1,5	1,5 – 2,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Pavement Overlays	1,1 – 1,5	1,0 – 1,2	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1
Railroads	1,5 – 3,0	1,0 – 1,5	1,5 – 2,0	1,0 – 1,2
Flexible Form	1,1 – 1,5	1,5 – 3,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1
Silt Fences	1,1 – 1,5	1,5 – 2,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1

Untuk menghitung kebutuhan panjang *Geotextile* di belakang bidang longsor ( $L_e$ ), di depan bidang longsor ( $L_d$ ), dan panjang lipatan ( $L_o$ ) digunakan persamaan berikut :

$$T_{allow} \times FS = (\tau_1 + \tau_2) \times L_e \times E \quad (2.34)$$

$$L_e = \frac{T_{allow} \times FS}{(\tau_1 + \tau_2) \times E} \quad (2.35)$$

di mana :

$L_e$  = panjang geotekstile di belakang bidang longsor

$\tau_1$  = tegangan geser antara tanah timbunan dengan geotekstile ( $C_{u1} + \sigma_v \tan \phi_1$ )

$\tau$  = tegangan geser antara tanah dasar dengan geotekstile ( $C_{u2} + \sigma_v \tan \phi_2$ )

$E$  = efisiensi, diambil  $E = 0,8$

Untuk menghitung panjang geotekstile di depan bidang longsor ( $L_d$ ), panjang geotekstile tersebut dapat dihitung dengan bantuan output dari program bantu *Geoslope* dengan cara:

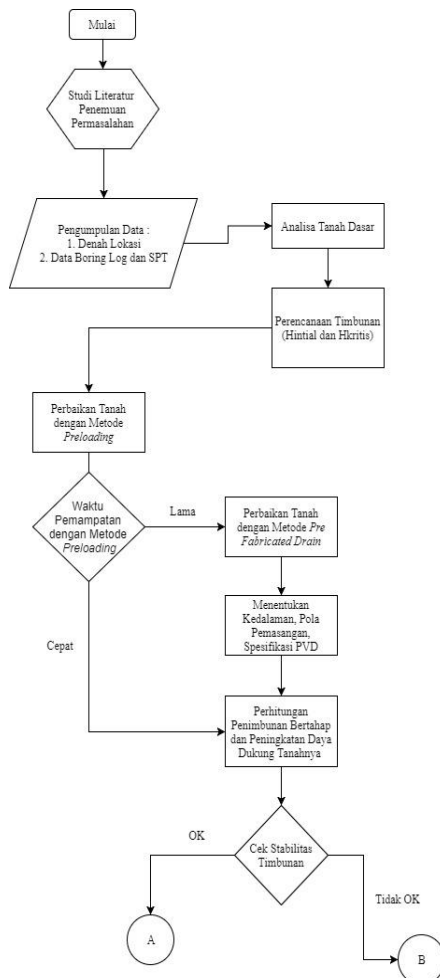
$$L_D = (\text{Koordinat X bidang longsor lapisan i geotekstile terpasang}) - (\text{koordinat tepi timbunan lapisan i geotekstile dipasang}) \quad (2.36)$$

Untuk menghitung panjang total geotekstile yakni dengan cara menambahkan  $(L_e + L_D) \times 2$  dikarenakan total lebar timbunan.

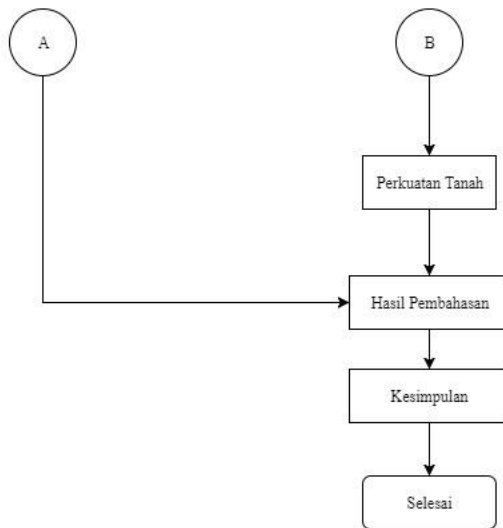
## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Bagan Alir Pekerjaan Proyek Akhir Terapan

Pada subbab 3.1 tersebut merupakan bagian yang menjelaskan langkah – langkah pengerjaan proyek akhir terapan tersebut, gambar 3.1 merupakan penjelasan tentang diagram alir langkah – langkah pengerjaan.



**Gambar 3. 1** Diagram alir langkah - langkah pengerjaan proyek akhir terapan



**Gambar 3. 2** Diagram alir langkah – langkah pengerjaan proyek akhir terapan (lanjutan)

### 3.2 Studi Literatur

Berdasarkan pengertiannya studi literatur merupakan teknik pengumpulan data dengan cara melakukan penelaahan terhadap berbagai buku, literatur, catatan, serta berbagai laporan yang berkaitan dengan masalah yang ingin dipecahkan. (menurut nazir 1988). Dengan mempelajari dan menelaah dari beberapa referensi yang diambil maka dapat mempermudah dalam pengerjaan proyek akhir terapan tersebut. Berikut merupakan teori – teori yang menunjang pengerjaan pada proyek akhir terapan tersebut :

1. Teori Pengolahan Data Tanah
2. Teori Perencanaan Timbunan
3. Teori Analisa Stabilitas Timbunan
4. Teori Waktu Konsolidasi Tanpa PVD
5. Teori Perencanaan *PreFabricated Vertical Drain*
6. Teori Perkuatan Timbunan
7. Teori Perhitungan Biaya Material

### 3.3 Pengolahan Data dan Analisa Tanah di Lapangan

Data – data yang digunakan dalam pengerjaan proyek akhir terapan tersebut, data sekunder dari PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk. Sebagai kontraktor pelaksana proyek pembangunan jalan tol Porong – Gempol, data yang digunakan meliputi:

1. Data tanah dasar bor laboratorium
2. Data beban lalu lintas
3. Denah lokasi proyek
4. Kurva S pekerjaan pondasi bawah
5. Rencana Biaya Pekerjaan

Analisa tanah merupakan tahapan penganalisaan data tanah dasar yang ada di lapangan untuk mengetahui klasifikasi tanah dan kedalaman tanah lunak.

### 3.4 Perencanaan Timbunan

Berdasarkan hasil data yang telah diolah dengan cara merata – rata data tersebut selanjutnya digunakan untuk merencanakan timbunan *preloading* melalui tahap – tahap sebagai berikut:

#### 3.4.1 Perhitungan Tinggi Timbunan Awal ( $H_{\text{inisial}}$ ) dan Tinggi Timbunan Akhir ( $H_{\text{final}}$ )

Terdapat tahapan dalam perhitungan tinggi timbunan awal ( $H_{\text{inisial}}$ ) dan tinggi timbunan akhir ( $H_{\text{final}}$ ) sebagai berikut:

##### a. Pembagian Lapisan Tanah *Compressible*

Membagi lapisan tanah *compressible* bertujuan untuk mengetahui penurunan konsolidasi yang terjadi di setiap tebal lapisan tanah. Untuk menentukan ketebalan lapisan tanah dapat diasumsikan sendiri. Pembuatan stratigrafi tanah berdasarkan data *bor log* yang terlampir pada lampiran 1 s.d 5 merupakan tahap yang bertujuan untuk mengetahui kedalaman tanah *compressible*.

##### b. Tegangan *Overburden* Efektif

Besaran tegangan *overburden* efektif pada setiap kedalaman tanah berbeda, hasil dari perhitungan *overburden* efektif tersebut bertujuan untuk mengetahui jenis klasifikasi tanah serta kedalamannya melalui perhitungan *overconsolidation ratio*. Persamaan yang digunakan pada tahap ini adalah Persamaan (2.3) s.d. (2.4).

##### c. Penambahan Tegangan ( $\Delta p$ )

Tambahan tegangan akibat pengaruh beban timbunan yang ditinjau di tengah – tengah lapisan sama seperti besaran tegangan *overburden* efektif. Mengacu pada gambar 2.8 dan menggunakan persamaan (2.10) besaran penambahan tegangan pada setiap tebal lapisan tanah didapat.

##### d. Menentukan Jenis Lapisan Tanah pada Tanah *Compressible*

Menentukan jenis lapisan tanah pada tanah *compressible* dengan cara menghitung *overconsolidation ratio*. Untuk

menghitung *overconsolidation ratio* dengan hasil dari penambahan tegangan ( $\Delta p$ ) dan tegangan *overburden* efektif yang kemudian disubstitusikan dalam persamaan (2.2). Apabila hasil OCR  $> 1$  maka tanah termasuk jenis lapisan tanah yang terkonsolidasi lebih (*Overconsolidated*), akan tetapi jika hasil OCR  $< 1$ , maka tanah tersebut termasuk jenis lapisan tanah yang terkonsolidasi normal (*Normally Consolidated*).

**e. Penurunan (*settlement*) pada Setiap Kedalaman Tanah**

Pada setiap kedalaman tanah yang telah dibagi melalui pembagian tanah *compressible* (poin a) mempunyai besaran penurunan. Tahapan untuk mendapatkan besaran penurunan yang terjadi pada setiap kedalaman tanah yakni menggunakan persamaan yang sesuai dengan jenis tanahnya. Apabila lapisan tanah termasuk tanah yang terkonsolidasi lebih, maka persamaan yang digunakan untuk menghitung penurunan yaitu persamaan (2.8) dan (2.9). akan tetapi jika lapisan tanah termasuk tanah yang terkonsolidasi normal, maka persamaan yang digunakan untuk menghitung penurunan yaitu persamaan (2.7). dan untuk mengetahui penurunan total yang terjadi yaitu dengan cara menambahkan semua hasil penurunan yang terjadi pada setiap kedalaman tanah.

**f. Menentukan Tinggi Timbunan Awal ( $H_{\text{inisial}}$ ) dan Tinggi Timbunan Akhir ( $H_{\text{final}}$ )**

Untuk menentukan tinggi timbunan awal dan tinggi timbunan akhir dengan menggunakan persamaan (2.13) dan (2.14) dengan hasil dari perhitungan poin a – poin e yang disubstitusikan ke persamaan tersebut.

**3.5 Analisa Stabilitas Timbunan dengan Menggunakan Program Bantu *Geoslope***

Setiap ketinggian timbunan harus diperiksa kestabilannya agar tidak terjadi kelongsoran timbunan, pada proyek akhir terapan ini untuk memeriksa stabilitas timbunan, menggunakan program bantu *Geoslope* dengan tujuan hasil angka keamanan (SF)  $\geq 1,2$ .



### 3.6 Waktu Pemampatan Tanah dengan Beban Preloading

Pada perhitungan waktu penurunan tanah dengan beban preloading tersebut persamaan yang digunakan adalah persamaan (2.24) s.d (2.28), apabila hasil dari perhitungan tersebut menghasilkan waktu penurunan yang sangat lama, maka tanah tersebut harus diperbaiki. Selain dari hasil penurunan yang sangat lama, perbaikan tanah dasar dilakukan apabila penurunan pada tahun pertama melebihi *rate of settlement* yakni 1,5 cm/tahun.

### 3.7 Perencanaan Perbaikan Tanah Dasar

Perencanaan perbaikan tanah dasar meliputi dari beberapa pekerjaan, yakni :

1. Perhitungan waktu pemampatan tanah dasar dengan metode *Preloading* dan daya dukung tanahnya
2. Perhitungan percepatan pemampatan dengan metode *Prefabricated Vertical Drain* dengan meninjau spesifikasi PVD, pola pemasangan PVD, jarak antar PVD

### 3.8 Penimbunan Secara Bertahap serta Penurunannya

Pada tahap berikut merupakan perhitungan penurunan akibat beban timbunan secara bertahap, dengan hasil penurunan yang lebih kecil dari penurunan akibat beban timbunan secara langsung (poin 3.6) dikarenakan pada timbunan secara bertahap memiliki umur timbunan, berdasarkan dengan umur timbunan maka kenaikan daya dukung tanah terjadi, untuk mendapatkan hasil dari perhitungan pada tahap ini, dengan menggunakan persamaan (2.18) s.d (2.20). Untuk kondisi tanah terkonsolidasi normal menggunakan persamaan (2.18) untuk tanah terkonsolidasi berlebih menggunakan persamaan (2.19) dan (2.20) bergantung dengan nilai  $P_o$  dan  $P_c$ .

### **3.9 Perkuatan pada Timbunan dengan Geotekstile**

Perkuatan pada timbunan dengan geotekstile diperlukan karena hasil dari analisa stabilitas timbunan menghasilkan angka keamanan yang kurang dari 1,2. Persamaan yang digunakan dalam menghitung kebutuhan geotekstile, panjang geotekstile adalah persamaan (2.32) s.d (2.36).

### **3.10 Hasil Pembahasan**

Perencanaan yang digunakan pada permasalahan perbaikan tanah pada proyek pembangunan jalan tol Porong – Gempol, maka didapatkan hasil dari berbagai subjek pembandingan seperti pola pemasangan PVD, jarak antar PVD, dan kedalaman PVD dengan variable biaya dan waktu pelaksanaan terhadap perhitungan pekerjaan pondasi bawah yang direncanakan PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk.

### **3.11 Kesimpulan**

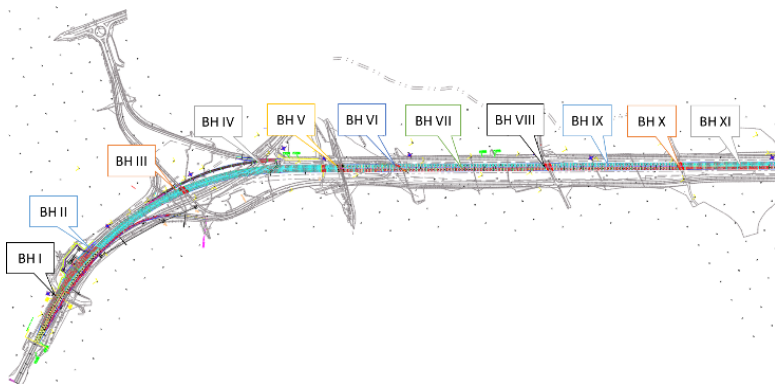
Kesimpulan merupakan penentuan akhir dari pemilihan dari beberapa perbedaan perencanaan dengan meninjau biaya yang ekonomis serta waktu pekerjaan yang lebih singkat, diharapkan perencanaan yang digunakan dapat menjadi solusi yang tepat dalam pemilihan pekerjaan pondasi bawah pada proyek pembangunan jalan tol Porong – Gempol dengan PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk. Selaku kontraktor pelaksanaan pembangunan.

*“halaman ini sengaja dikosongkan”*

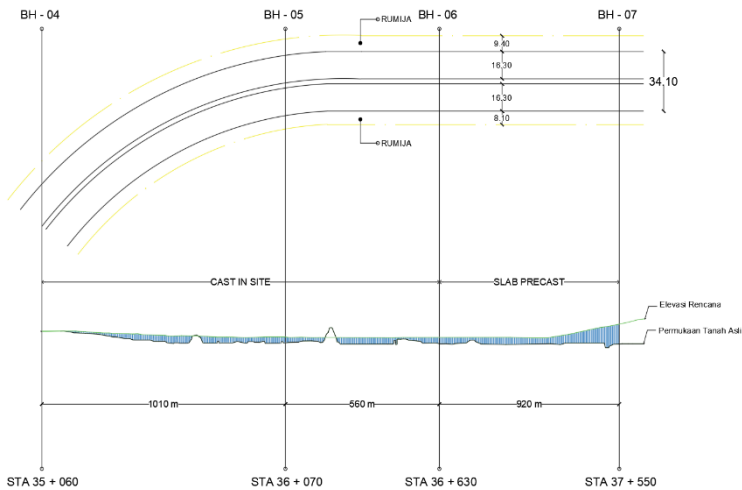
## BAB IV DATA DAN ANALISA

### 4.1 Data Tanah Dasar

Pada perencanaan pembangunan jalan tol dibutuhkan data tanah yang akurat dan pasti, bertujuan dengan perencanaan metode perbaikan tanah yang sesuai dengan data yang diperoleh, Data tanah yang digunakan adalah data tanah hasil pengujian di lapangan dan di laboratorium. PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk. menunjuk laboratorium dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember dalam penganalisaan tanah di laboratorium. Terdapat 11 *bore hole* yang di ambil dan dijadikan sebagai sampel tanah pada jalan tol porong – gempol paket 1 tersebut, akan tetapi pada proyek akhir terapan ini penulis hanya menghitung perencanaan perbaikan tanah dasar dengan menggunakan PVD pada *bore hole* 4 – 7, dikarenakan pada *bore hole* tersebut masih terdapat kemungkinan untuk mengganti metode perbaikan tanah dasar yang menggunakan tiang pancang pada eksisting dilapangan, dengan perencanaan penulis yaitu menggunakan metode perbaikan tanah dasar dengan *Prefabricated Vertical Drained* (PVD) dan timbunan.



**Gambar 4. 1** 11 Titik *Bore Hole* yang digunakan sebagai sampel tanah



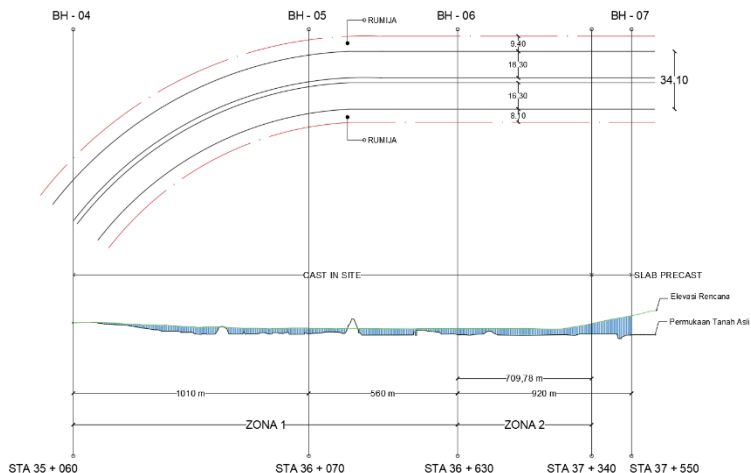
**Gambar 4. 2** Denah lokasi BH - 04 s.d BH - 07

Terjadi perubahan desain struktur, pada gambar 4.2 merupakan denah lokasi eksisting BH – 04 s.d BH – 07 dengan menggunakan *slab precast* pada STA 36+630 (BH – 06). sedangkan pada proyek akhir terapan ini menggunakan *slab precast* pada STA 37+340 dikarenakan pada STA 36+630 s.d STA 37+340 masih memungkinkan menggunakan *slab cast in site*. Gambar perubahan desain tersaji pada gambar 4.3.

Data hasil laboratorium akan dianalisa, dimana data-data tanah seluruh *bore hole* akan dianalisa secara grafis sehingga dapat disederhanakan menjadi satu data tanah. Hal tersebut bertujuan untuk mempermudah dalam pemilihan metode perbaikan tanah. Terdapat 2 zona yang terbagi dalam perencanaan perbaikan tanah dasar.

**Tabel 4. 1** Pembagian Zona serta Kedalaman Tanah Lunaknya

Titik BH	STA	ZONA	Kedalaman Tanah Lunak / NSPT $\leq 5$ (m)
4	35+060	1	27
5	36+070		
6	36+630		
6	36+630	2	10
	37+340		

**Gambar 4. 3** Denah, Potongan memanjang, dan Pembagian zona

Pengolahan data tanah laboratorium tersebut tanpa melakukan proses pendekatan statistik maupun korelasi NSPT terhadap  $C_u$ ,  $D_r$ ,  $\phi$  (sudut geser dalam tanah),  $\gamma$  (berat volume tanah) dikarenakan terdapat data yang mempunyai  $C_o$  – Varian lebih dari 30 % sehingga menjadikan pengolahan data secara statistik menghasilkan ketidakvalidan pada data tanah jika data tersebut digabung menjadi satu data.

Oleh karena itu selain menggunakan metode statistik terdapat metode yang lain, yakni metode pengolahan data untuk

perhitungan selanjutnya dengan merata – rata data tanah laboratorium pada setiap zonanya. Data tanah laboratorium yang akan digunakan dalam perhitungan perbaikan tanah dasar pada proyek pembangunan jalan tol porong – gempol STA 35 + 060 hingga 37 + 340 adalah sebagai berikut :

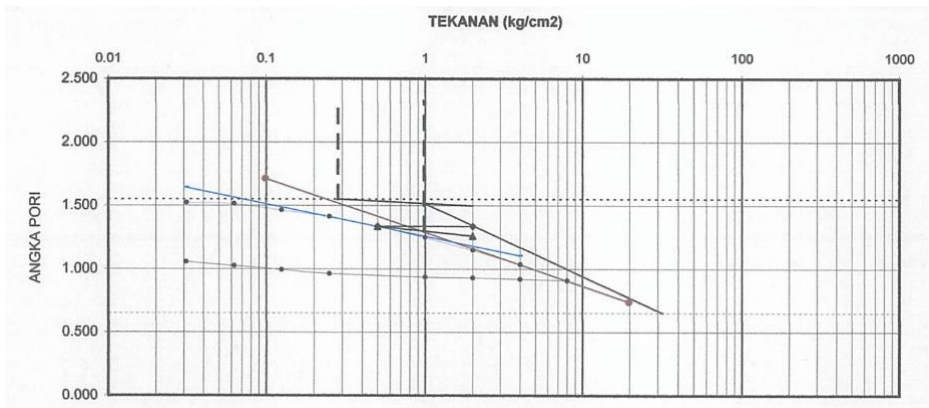
- $C_c$  (koefisien kompresi)
- $e$  (angka pori)
- $C_v$  (koefisien konsolidasi)
- $P_p$  (tekanan prakonsolidasi)
- $C$  (kohesi)
- $C_s$
- $\phi$  (sudut geser dalam tanah)

Untuk menentukan nilai  $C_s$  berdasarkan tes konsolidasi laboratorium (**Gambar 4.4**) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$C_s = \frac{\Delta e}{\log(2) - \log(1)}$$

$$C_s = \frac{e_2 - e_1}{\log(2) - \log(1)}$$

$$C_s = \frac{1,05 - 0,9}{\log 8 - \log 0,2} = 0,057$$



**Gambar 4. 4** Consolidation test BH - 04 (STA 35 + 060)

(Sumber : Data laboratorium bore hole)

Untuk nilai  $C_s$  pada *bore hole* selanjutnya beserta kedalamannya akan disajikan dalam bentuk tabel pada tabel 4.4 untuk zona 1 dan tabel 4.7 untuk zona 2.

**Tabel 4. 2** Rekapitulasi Data Laboratorium Zona 1

REKAPITULASI ( $\gamma_t$ ), $C_c$ , $C_v$											
DEPTH	$\gamma_t$ (gr/cm <sup>3</sup> )				$C_c$				$C_v$ (cm <sup>2</sup> /det)		
	BH - 4	BH - 5	BH - 6	BH - 7	BH - 4	BH - 5	BH - 6	BH - 7	BH - 4	BH - 5	BH - 6
0											
1											
2											
3											
4	1,706	1,69			0,526	0,7			4,5E-05	0,0007	
5											
6	1,665			1,64	0,539			0,786	0,00066		
7											
8			1,664				0,955				0,00134
9											
10	1,683				0,571				0,00053		
11											
12	1,63	1,618			0,601	0,732			0,00078	0,00088	
13											
14				1,744				0,742			
15											
16			1,707				0,965				0,0009



**Tabel 4. 3** Rekapitulasi Data Laboratorium Zona 1 (Lanjutan)

DEPTH	Angka pori				Tekanan Pra Konsolidasi				Koheisi kg/cm <sup>2</sup>		
	BH - 4	BH - 5	BH - 6	BH - 7	BH - 4	BH - 5	BH - 6	BH - 7	BH - 4	BH - 5	BH - 6
0											
1											
2											
3											
4	1,274	1,468			0,98	1,03			0,245	0,201	
5											
6	1,597			1,585	0,98			1,05	0,052		
7											
8			1,566				1,1				0,033
9											
10	1,383				0,98				0,064		
11											
12	1,555	1,614			0,78	1,24			0,13	0,036	
13											
14				1,277				1,05			
15											
16			1,475				1,13				0,04

**Tabel 4. 4** Rekapitulasi Data Laboratorium Zona 1 (Lanjutan)

DEPTH	Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )				Cs			
	BH - 4	BH - 5	BH - 6	BH - 7	BH - 4	BH - 5	BH - 6	BH - 7
0								
1								
2								
3								
4	14,18	9,53			0,0384	0,0769		
5								
6	16,3			8,36	0,0769			0,0384
7								
8			13,04				0,0769	
9								
10	14,21				0,0576			
11								
12	13,15	6,04			0,0769	0,0384		
13								
14				11,61				0,0576
15								
16			12,4				0,0384	

**Tabel 4. 5** Rata – Rata Rekapitulasi Data Laboratorium Zona 1

Rata - Rata Rekapitulasi data laboratorium zona 1						
$\gamma_t$ (gr/cm <sup>3</sup> )	Cc	Cv (cm <sup>2</sup> /det)	e	C (kg/cm <sup>2</sup> )	Cs	$\emptyset$
1,670375	0,70	0,0007	1,5	0,100125	0,060	12,36

**Tabel 4. 6** Rekapitulasi Data Laboratorium Zona 2

REKAPITULASI ( $\gamma_t$ ), Cc, Cv												
DEPTH	$\gamma_t$ (gr/cm <sup>3</sup> )				Cc				Cv (cm <sup>2</sup> /det)			
	BH - 4	BH - 5	BH - 6	BH - 7	BH - 4	BH - 5	BH - 6	BH - 7	BH - 4	BH - 5	BH - 6	BH - 7
0												
1												
2												
3												
4	1,706	1,69			0,526	0,7			4,5E-05	0,0007		
5												
6	1,665			1,64	0,539			0,786	0,00066			0,00087
7												
8			1,664				0,955				0,00134	
9												
10	1,683				0,571				0,00053			
11												
12	1,63	1,618			0,601	0,732			0,00078	0,00088		
13												
14				1,744				0,742				0,00065
15												
16			1,707				0,965				0,0009	

**Tabel 4. 7** Rekapitulasi Data Laboratorium Zona 2 (Lanjutan)

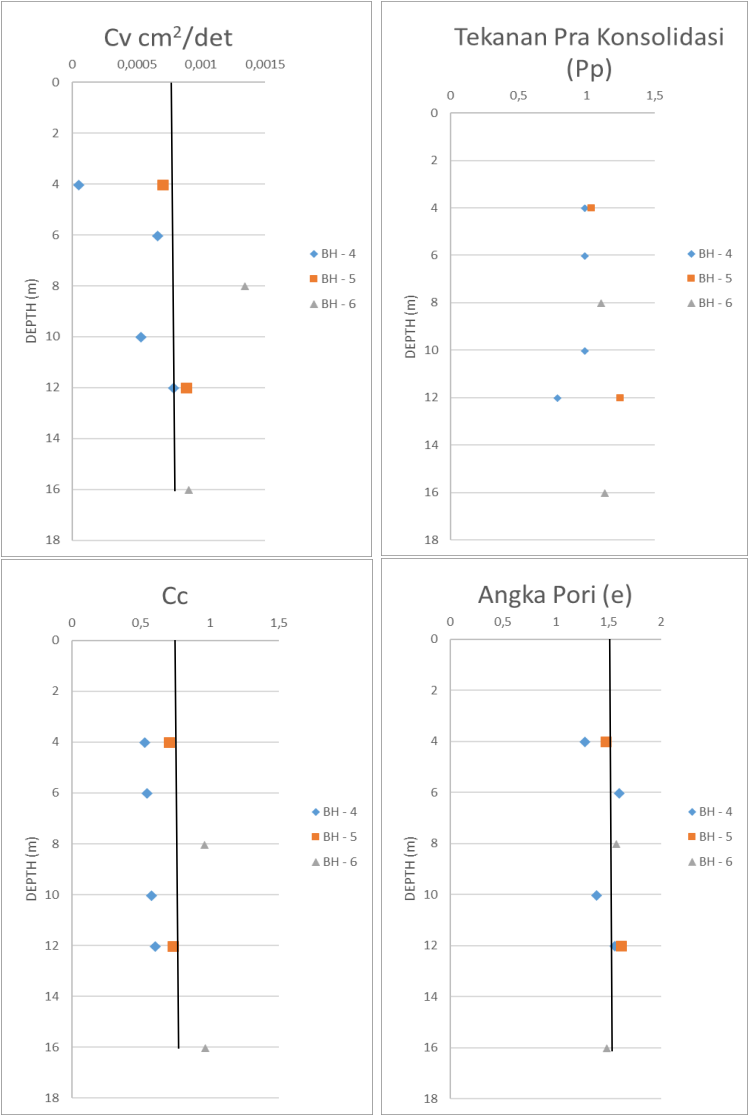
DEPTH	Angka pori				Tekanan Pra Konsolidasi				Kohesi kg/cm <sup>2</sup>			
	BH - 4	BH - 5	BH - 6	BH - 7	BH - 4	BH - 5	BH - 6	BH - 7	BH - 4	BH - 5	BH - 6	BH - 7
0												
1												
2												
3												
4	1,274	1,468			0,98	1,03			0,245	0,201		
5												
6	1,597			1,585	0,98			1,05	0,052			0,092
7												
8			1,566				1,1				0,033	
9												
10	1,383				0,98				0,064		0,0625	
11												
12	1,555	1,614			0,78	1,24			0,13	0,036		
13												
14				1,277				1,05				0,201
15												
16			1,475				1,13				0,04	

**Tabel 4. 8** Rekapitulasi Data Laboratorium Zona 2 (Lanjutan)

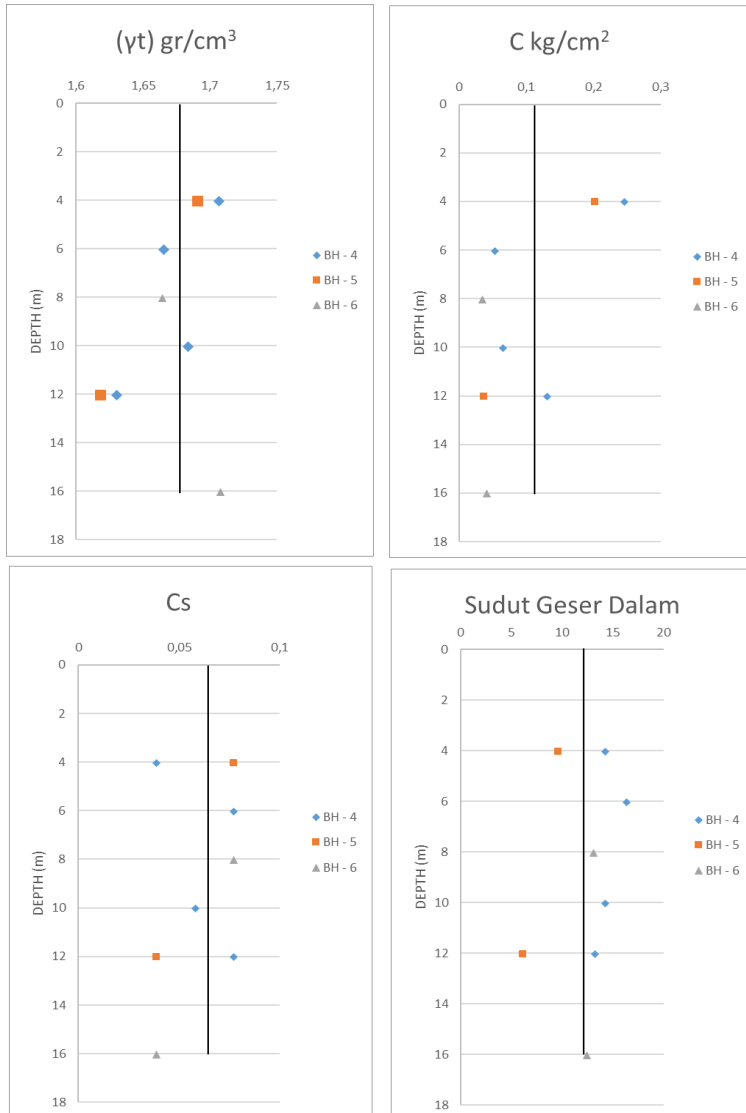
DEPTH	Sudut Geser Dalam (φ)				Cs			
	BH - 4	BH - 5	BH - 6	BH - 7	BH - 4	BH - 5	BH - 6	BH - 7
0								
1								
2								
3								
4	14,18	9,53			0,0384	0,0769		
5								
6	16,3			8,36	0,0769			0,0384
7								
8			13,04				0,0769	
9								
10	14,21				0,0576			
11								
12	13,15	6,04			0,0769	0,0384		
13								
14				11,61				0,0576
15								
16			12,4				0,0384	

**Tabel 4. 9** Rata – Rata Rekapitulasi Data Laboratorium Zona 2

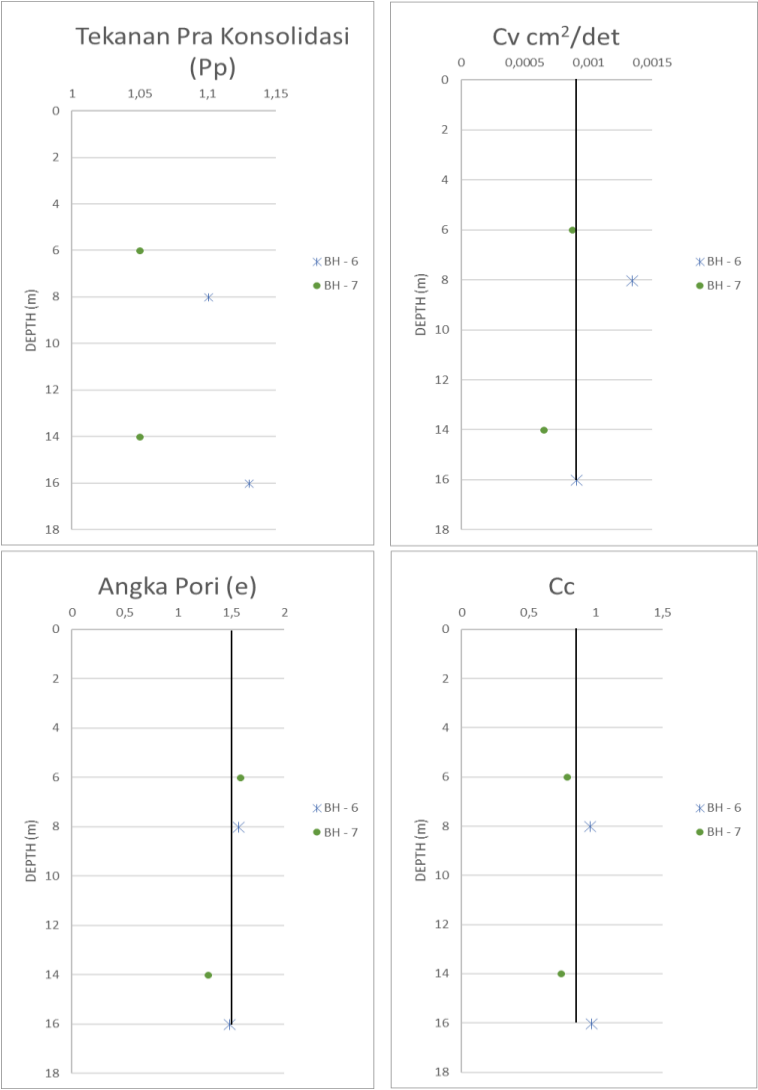
Rata - Rata Rekapitulasi data laboratorium zona 2						
$\gamma_t$ (gr/cm <sup>3</sup> )	Cc	Cv (cm <sup>2</sup> /det)	e	C (kg/cm <sup>2</sup> )	Cs	$\phi$
1,68875	0,86	0,0009	1,5	0,0915	0,053	11,35



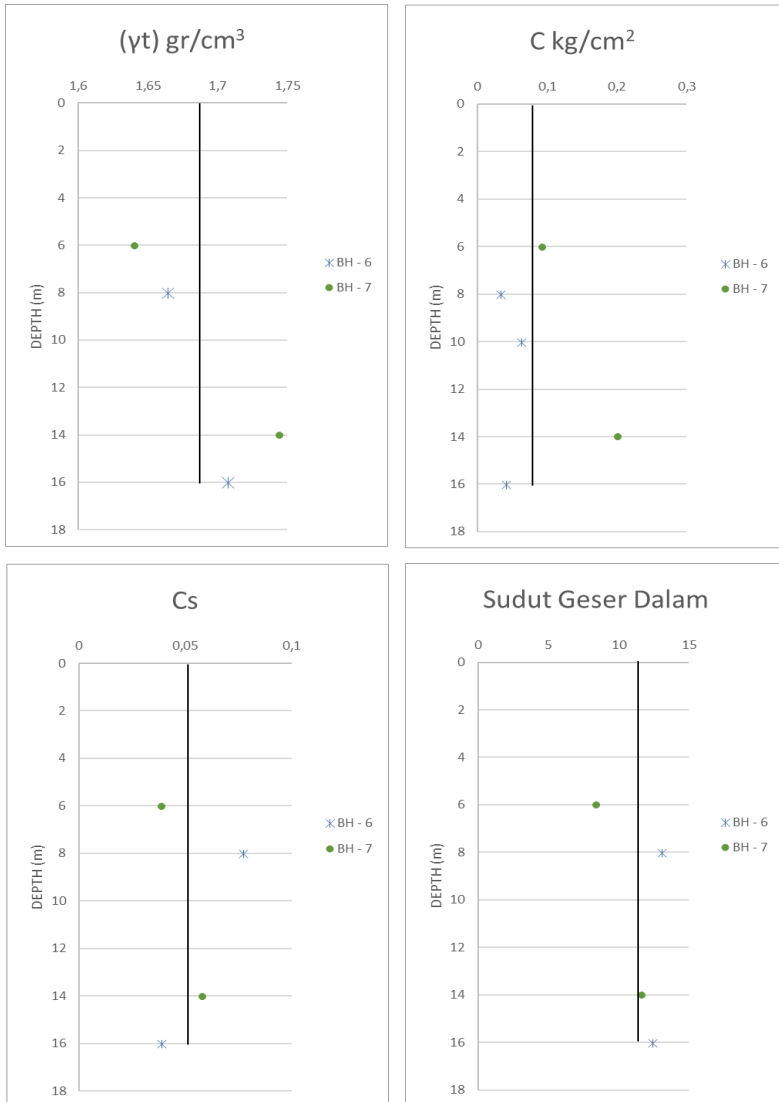
**Gambar 4. 5** Grafik rekapitulasi data laboratorium ( $C_v$ ,  $C_c$ ,  $e$ ,  $P_p$ ) Zona 1



**Gambar 4. 6** Grafik rekapitulasi data laboratorium ( $C_s$ ,  $C$ ,  $\gamma_t$ ,  $\phi$ ) Zona 1



**Gambar 4. 7** Grafik rekapitulasi data laboratorium (Cv, Cc, e, Pp) Zona 2



**Gambar 4. 8** Grafik rekapitulasi data laboratorium (Cs, C,  $\gamma_t$ , phi) Zona 2



## 4.2 Data Tanah Timbunan

Pada tanah timbunan memiliki sifat fisik sebagai berikut :

$$C = 0 \text{ kPa}$$

$$\gamma_{timb} = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi = 30^\circ$$

Timbunan yang terjadi di lapangan sangat bervariasi, untuk mendapatkan tinggi timbunan rencana dengan cara menghitung selisih antara tinggi elevasi rencana dengan elevasi tanah asli dari BH 4 – 7.

Contoh perhitungan adalah sebagai berikut pada BH – 5 (STA 36 + 070) :

$$\text{Elevasi rencana} = + 4,357 \text{ m}$$

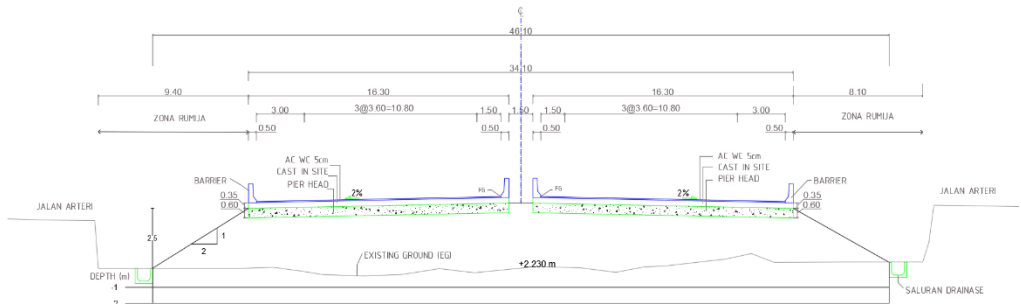
$$\text{Elevasi tanah asli} = + 2,230 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi timbunan} &= \text{Elevasi rencana} - \text{Elevasi tanah asli} \\ &= 4,357 \text{ m} - 2,230 \text{ m} \\ &= 2,127 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan pada tinggi timbunan rencana pada STA lainnya akan disajikan dalam bentuk rekapitulasi pada tabel dibawah ini dan potongan melintang sebagai geometri timbunan pada gambar 4.9:

**Tabel 4. 10** Rekapitulasi Perhitungan Tinggi Timbunan Rencana

Titik BH	STA	Elevasi Tanah Asli (m)	Elevasi Tanah Rencana (m)	Tinggi Timbunan (m)
4	35+060	5,896	6,198	0,302
5	36+070	2,23	4,357	2,127
6	36+630	3,54	5,338	1,798
7	37+550	2,17	12,765	10,595



**Gambar 4. 9** Ilustrasi geometri timbunan

### 4.3 Data Spesifikasi Bahan

#### 4.3.1 *Prefabricated Vertical Drained (PVD)*

Untuk mempercepat pemampatan tanah, maka dilakukan perencanaan dalam mengatur jarak antar PVD dan pola pemasangannya, jenis PVD yang akan digunakan dalam perencanaan perbaikan tanah ini adalah CeTeau Drain CT – D822 distributor oleh PT. Teknindo Geosistem Unggul dengan spesifikasi sebagai berikut:

- *Weight* = 75 g/m
- *Thickness (a)* = 100 mm
- *Width (b)* = 4 mm

Untuk spesifikasi lebih lengkap terlampir pada lampiran 6

#### 4.3.2 *Geotekstile*

Untuk perkuatan stabilitas pada timbunan dan mencegah terjadinya kelongsoran maka dilakukan dalam perhitungan jumlah dari geotekstile serta panjang yang dibutuhkan dalam pemasangan geotekstile. Jenis geotekstile yang digunakan pada perencanaan ini adalah (UW – 250) dengan nilai tensile strength sebesar 52 kNm. Spesifikasi geotekstile terlampir pada lampiran 9.

*“halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **PERENCANAAN TIMBUNAN DAN PENURUNAN TANAH**

Dalam perencanaan timbunan serta menentukan jenis perbaikan tanah dasar, hal yang harus diperhatikan adalah penurunan total pada tanah dengan variasi tinggi timbunan, stabilitas timbunan dengan tinggi timbunan yang direncanakan, penurunan tiap tahun (*rate of settlement*).

#### **5.1 Perencanaan Timbunan Zona 1**

Dalam subbab ini bertujuan untuk mengetahui penurunan total yang terjadi apabila menggunakan variasi dari timbunan, yakni dengan variasi timbunan 1 m, 2 m, 3 m, 4 m. Pada tahap perencanaan timbunan menghasilkan persamaan antara tinggi timbunan awal ( $H_{\text{inisial}}$ ) dengan tinggi timbunan akhir atau yang direncanakan ( $H_{\text{final}}$ ), sehingga persamaan tersebut dapat digunakan untuk menghitung penurunan total pada tinggi timbunan yang telah direncanakan pada masing – masing zona. Adapun timbunan pada zona 1 (STA 35 + 060 s/d STA 36 + 630) mempunyai *range* tinggi timbunan akhir ( $H_{\text{final}}$ ) seperti yang tertera pada Tabel 4.10, yakni sekitar 0,6 m s.d 2,2 m.

##### **5.1.1 Lapisan Tanah *Compressible***

Menjadi lapisan dengan ketebalan yang lebih tipis agar dapat mengetahui penurunannya. Sehingga dapat mengetahui penurunan setiap layernya yaitu 1 meter. Merujuk pada **Tabel 4.1**, zona 1 mempunyai kedalaman tanah lunak sedalam 27 m, oleh karena itu terdapat 27 lapisan tanah *Compressible*.

##### **5.1.2 Tegangan *Overburden* Efektif ( $P_o'$ ) pada Tiap Lapisan**

Perhitungan tegangan *overburden* efektif untuk lapisan ke-1 menggunakan persamaan (2.3) s.d. (2.4):

$$P_o'_1 = (16,7 \text{ kN/m}^3 - 10 \text{ kN/m}^3) \times 0,5 \text{ m}$$

$$P_o'_1 = 3,35 \text{ kN/m}^2$$

Perhitungan tegangan *overburden* efektif untuk lapisan ke-2 menggunakan persamaan (2.5):

$$Po'_2 = \left( \frac{(16,7 \text{ kN/m}^3 - 10 \text{ kN/m}^3) \times 1 \text{ m}}{2} \right) + \left( \frac{(16,7 \text{ kN/m}^3 - 10 \text{ kN/m}^3) \times 1 \text{ m}}{2} \right) + 3,35 \text{ kN/m}^2$$

$$Po'_2 = 10,05 \text{ kN/m}^2$$

Hasil perhitungan tegangan *overburden* efektif pada kedalaman 3 m – 27 m disajikan pada tabel 5.3

### 5.1.3 Penambahan Tegangan ( $\Delta p$ )

Penambahan tegangan didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.10) Berdasarkan **Gambar 4.9** sebagai acuan dalam perhitungan penambahan tegangan ( $\Delta p$ ), maka didapatkan hasil sebagai berikut:

- $H_{\text{timb}} = 2 \text{ m}$
- $\gamma_{\text{timb}} = 18 \text{ kN/m}^3$
- $q_o = (H_{\text{timb}} \times \gamma_{\text{timb}})$   
 $= (2 \text{ m} \times 18 \text{ kN/m}^3)$   
 $= 36 \text{ kN/m}^2$
- $B1 = \frac{1}{2} \text{ lebar timbunan}$   
 $= \frac{1}{2} \times 34,10 \text{ m}$   
 $= 17,05 \text{ m}$
- $B2 = \text{lebar kemiringan timbunan} (2 \times H_{\text{timb}})$   
 $= 2 \times 2 \text{ m}$   
 $= 4 \text{ m}$
- $\alpha 1 = \tan^{-1} \frac{(B1+B2)}{Z} - \tan^{-1} \frac{B1}{Z} \text{ (radian)}$   
 $= \tan^{-1} \frac{(17,05 \text{ m} + 4 \text{ m})}{0,5 \text{ m}} - \tan^{-1} \frac{17,05 \text{ m}}{0,5}$  (radian)  
 $= \tan^{-1} (42,1) - \tan^{-1} (34,1) \text{ (radian)}$   
 $= 0,319$
- $\alpha 2 = \tan^{-1} \frac{B1}{Z} \text{ (radian)}$

$$\begin{aligned}
 &= \tan^{-1} \frac{17,05 \text{ m}}{0,5 \text{ m}} \text{ (radian)} \\
 &= \tan^{-1} (34,1) \text{ (radian)} \\
 &= 88,320
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad \Delta p &= \frac{36 \text{ kN/m}^2}{180} \left[ \frac{(17,05 \text{ m} + 4 \text{ m})}{4 \text{ m}} \right] \times (0,319 + \\
 &\quad 88,320) - \left[ \left( \frac{17,05 \text{ m}}{4 \text{ m}} \right) \times 88,320 \right] \\
 \Delta p &= 18 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan  $\Delta p$  merupakan akibat dari beban  $\frac{1}{2}$  timbunan, untuk penambahan tegangan total timbunan, yakni  $2x$  dari  $\Delta p$ , didapatkan hasil:

$$\begin{aligned}
 2\Delta p &= 2 \times 18 \text{ kN/m}^2 \\
 2\Delta p &= 36 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

#### 5.1.4 Menentukan Jenis Lapisan Tanah pada Tanah *Compressible*

Tanah pada perencanaan ini memiliki dua sifat tanah yang terdiri dari tanah dengan normal konsolidasi (*normally consolidated*) dan tanah dengan konsolidasi berlebih (*overconsolidated*), untuk mengetahui bagian kedalaman tanah yang *normally consolidated* dan yang *overconsolidated* dengan menggunakan persamaan (2.2).

$P_c'$  didapatkan dari perhitungan rata – rata data tanah laboratorium, karena pada setiap *bore hole* hanya mengambil 2 atau 4 sampel tanah yang diuji di laboratorium.

**Tabel 5. 1** Data Tegangan Pra Konsolidasi Zona 1

DEPTH	Tekanan Pra Konsolidasi $\text{kg/cm}^2$			
	BH - 4	BH - 5	BH - 6	BH - 7
0				
1				
2				
3				
4	0,98	1,03		
5				
6	0,98			1,05
7				
8			1,1	
9				
10	0,98			
11				
12	0,78	1,24		
13				
14				1,05
15				
16			1,13	

Karena pada zona 1 terdiri dari 3 *bore hole* (BH – 4 s.d BH – 6) sehingga rata – rata data yang dihitung hanya data pada 3 *bore hole* tersebut.

Nilai  $P_c'$  pada kedalaman 4 m:

$$\frac{0,98 \text{ kg/cm}^2 + 1,03 \text{ kg/cm}^2}{2} = 1,005 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 100,5 \text{ kN/m}^2$$

Hasil dari rata – rata  $P_c'$  pada kedalaman tertentu dapat dilihat pada Tabel 5.2.

**Tabel 5. 2** Rata – Rata  $P_c$  Pada Kedalaman Tertentu

DEPTH	$P_c$ $\text{kN/m}^2$
1	
2	
3	
4	100,5
5	
6	98
7	
8	110
9	
10	98
11	
12	101
13	
14	
15	
16	113

Dengan nilai  $P'_o$  yang didapatkan pada perhitungan dalam subbab 5.1.2 dan hasilnya disajikan dalam tabel 5.3 sebagai berikut:

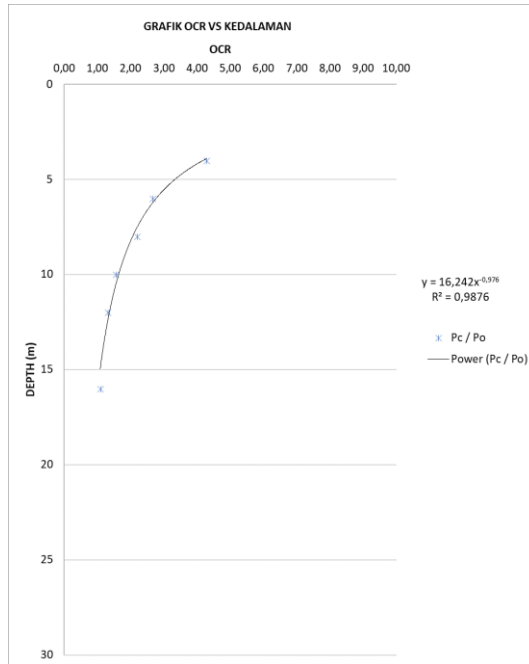


**Tabel 5. 3** Hasil Tegangan *Overburden* Efektif

No.	Po kN/m <sup>2</sup>
1	3.35
2	10.05
3	16.75
4	23.45
5	30.15
6	36.85
7	43.55
8	50.25
9	56.95
10	63.65
11	70.35
12	77.05
13	83.75
14	90.45
15	97.15
16	103.85
17	110.55
18	117.25
19	123.95
20	130.65
21	137.35
22	144.05
23	150.75
24	157.45
25	164.15
26	170.85
27	177.55

**Tabel 5. 4** *Overconsolidation Ratio*

DEPTH	Po kN/m <sup>2</sup>	Pc kN/m <sup>2</sup>	OCR kN/m <sup>2</sup>
1	3,35		
2	10,05		
3	16,75		
4	23,45	100,5	4,29
5	30,15		
6	36,85	98	2,66
7	43,55		
8	50,25	110	2,19
9	56,95		
10	63,65	98	1,54
11	70,35		
12	77,05	101	1,31
13	83,75		
14	90,45		
15	97,15		
16	103,85	113	1,09



**Gambar 5. 1** Grafik dari hasil OCR sementara

Berdasarkan Gambar 5.1 untuk mendapatkan nilai OCR pada kedalaman tanah lainnya dihitung menggunakan persamaan  $y = 16,242 \cdot x^{-0,976}$  dengan  $R^2 = 0,9876$ . Nilai dari  $R^2$  mendekati 1. Untuk mencari nilai OCR pada kedalaman tanah 1m menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$y = 16,242 \cdot X^{-0,976} \text{ atau } X = \left( \frac{16,242}{y} \right)^{\frac{1}{0,976}}$$

sumbu (x) merupakan nilai dari OCR dan sumbu (y) merupakan kedalaman (m). Kedalaman tanah 1 m merupakan sumbu y sehingga:

$$X = \left( \frac{16,242}{1} \right)^{\frac{1}{0,976}} = 17,39.$$

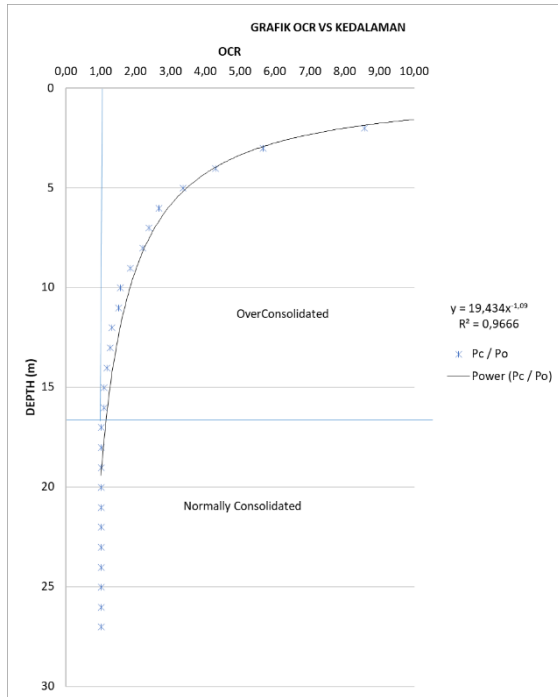
Kedalaman tanah 2 m :

$$X = \left( \frac{16,242}{2} \right)^{\frac{1}{0,976}} = 8,55.$$

Untuk hasil dari OCR pada kedalaman selanjutnya disajikan pada Tabel 5.5.

**Tabel 5. 5** Hasil OCR Zona 1

DEPTH	OCR kN/m <sup>2</sup>
1	17,39
2	8,55
3	5,64
4	4,29
5	3,34
6	2,66
7	2,37
8	2,19
9	1,83
10	1,54
11	1,49
12	1,31
13	1,26
14	1,16
15	1,08
16	1,09
17	1,00
18	1,00
19	1,00
20	1,00
21	1,00
22	1,00
23	1,00
24	1,00
25	1,00
26	1,00
27	1,00



**Gambar 5. 2** Grafik OCR zona 1

Tabel 5.5 menunjukkan bahwa bagian yang termasuk tanah terkonsolidasi lebih pada kedalaman 0 – 16 m, dan tanah terkonsolidasi normal pada kedalaman 16 – 27 m. merujuk pada gambar 5.2 dapat digunakan untuk menghitung tekanan pra konsolidasi pada kedalaman tanah yang datanya belum tersedia dengan menggunakan persamaan (2.2).

Tegangan Pra konsolidasi ( $P_c'$ ) pada kedalaman 1m :

$$P_c' = OCR \times P'_{o1}$$

$$P_c' = 17,39 \times 3,35 \text{ kN/m}^2$$

$$P_c' = 58,27 \text{ kN/m}^2$$

Tegangan Pra konsolidasi ( $P_c'$ ) pada kedalaman 2m :

$$P_c'_2 = OCR \times P'_{o2}$$

$$P_c'_2 = 8,55 \times 3,35 \text{ kN/m}^2$$

$$P_c'_2 = 58,27 \text{ kN/m}^2$$

Hasil tegangan pra konsolidasi pada kedalaman selanjutnya disajikan pada Tabel 5.5.

**Tabel 5. 6** Hasil dari Tegangan Pra Konsolidasi Zona 1

DEPTH	$P_c$ kN/m <sup>2</sup>
1	58,27
2	85,93
3	94,53
4	100,50
5	100,82
6	98,00
7	103,16
8	110,00
9	104,28
10	98,00
11	104,88
12	101,00
13	105,21
14	105,32
15	105,40
16	113,00
17	110,55
18	117,25
19	123,95
20	130,65
21	137,35
22	144,05
23	150,75
24	157,45
25	164,15
26	170,85
27	177,55

### 5.1.5 Penurunan (*settlement*) pada Setiap Kedalaman Tanah

#### a. Akibat beban timbunan

Perhitungan penurunan (*settlement*) pada setiap tebal lapisan harus memperhatikan bagian dari jenis tanah. Tanah tersebut termasuk NC atau OC, berdasarkan gambar 5.2 menunjukkan bahwa untuk jenis tanah OC pada kedalaman 0 – 16 m dan jenis tanah NC pada kedalaman 16 – 27 m. Perhitungan tanah terkonsolidasi normal (*Normally Consolidated Soil*) kedalaman 16 – 27 m menggunakan persamaan (2.3). Untuk tanah terkonsolidasi lebih (*Overconsolidated Soil*) kedalaman 0 – 16 m menggunakan persamaan (2.4) atau (2.5).

Berdasarkan data pada tabel 4.5 dapat digunakan untuk menghitung penurunan yang terjadi pada kedalaman tanah 1 m.

$$(2\Delta p + P'o) \text{ kN/m}^2 < P_c' \Leftrightarrow 39,35 \text{ kN/m}^2 < 58,27 \text{ kN/m}^2.$$

Untuk *overconsolidated soil* dan  $2\Delta p + P'o < P_c'$ , menggunakan persamaan (2.4).

$$S_{ci} = \left[ \frac{C_s}{1+e_o} \log \frac{p'_o + \Delta p}{p'_o} \right] \times H_i$$

- $C_s = 0,06$
- $e_o = 1,5$
- $P'o = 3,35 \text{ kN/m}^2$
- $2\Delta p = 36 \text{ kN/m}^2$
- $H_i = \text{Tebal lapisan (1m)}$

$$S_{c1} = \left[ \frac{0,06}{1+1,5} \log \frac{39,35 \text{ kN/m}^2}{3,35 \text{ kN/m}^2} \right] \times 1$$

$$S_{c1} = 0,257 \text{ m}.$$

Berdasarkan data pada tabel 4.5 dapat digunakan untuk menghitung penurunan yang terjadi pada kedalaman tanah 12 m.

$$(2\Delta p + P'o) \text{ kN/m}^2 > Pc' \Leftrightarrow 110,713 \text{ kN/m}^2 > 101 \text{ kN/m}^2$$

Untuk *overconsolidated soil* dan  $2\Delta p + P'o > Pc'$ , menggunakan persamaan (2.5).

$$S_{ci} = \left[ \frac{Cs}{1+e_o} \log\left(\frac{Pc'}{P'o}\right) + \left(\frac{Cc}{1+e_o}\right) \log \frac{P'o + \Delta p}{Pc'} \right] \times H_i$$

- $Cs = 0,06$
- $Cc = 0,7$
- $e_o = 1,5$
- $P'o = 77,05 \text{ kN/m}^2$
- $2\Delta p = 33,663 \text{ kN/m}^2$
- $Pc' = 101 \text{ kN/m}^2$
- $H_i = \text{tebal lapisan (1m)}$

$$S_{C12} = \left[ \frac{0,06}{1+1,5} \log\left(\frac{101 \text{ kN/m}^2}{3,35 \text{ kN/m}^2}\right) + \left(\frac{0,7}{1+1,5}\right) \log \frac{110,713 \text{ kN/m}^2}{101 \text{ kN/m}^2} \right] \times 1$$

$$S_{C12} = 0.002m.$$

Berdasarkan data pada tabel 4.5 dapat digunakan untuk menghitung penurunan yang terjadi pada kedalaman tanah 16 m.

$$(2\Delta p + P'o) \text{ kN/m}^2 > Pc' \Leftrightarrow 135,377 \text{ kN/m}^2 > 113 \text{ kN/m}^2.$$

Pada kedalaman tanah 16 m termasuk jenis tanah terkonsolidasi normal, menggunakan persamaan (2.3).

$$S_{ci} = \left[ \frac{Cc}{1+e_o} \log \frac{p'o + \Delta p}{p'o} \right] \times H_i$$

- $Cc = 0,7$
- $e_o = 1,5$
- $P'o = 103,85 \text{ kN/m}^2$
- $2\Delta p = 31,527 \text{ kN/m}^2$



- $H_i$  = tebal lapisan (1m)

$$S_{c16} = \left[ \frac{0,7}{1+1,5} \log \frac{135,377 \text{ kN/m}^2}{103,85 \text{ kN/m}^2} \right] \times 1$$

$$S_{c16} = 0,032 \text{ m} .$$

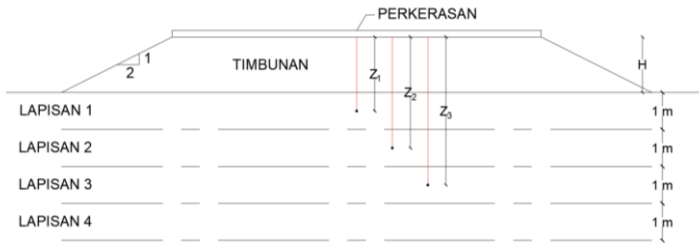
Untuk hasil perhitungan penurunan total pada tinggi timbunan 2 m lebih detail pada lampiran 12. Pada tabel 5.7 tersaji hasil rekapitulasi penurunan total dengan variasi tinggi timbunan.

**Tabel 5. 7** Rekapitulasi Hasil Penurunan Total Kedalaman Tanah *Compressible* dengan Variasi Tinggi Timbunan

REKAPITULASI PENURUNAN ( $S_c$ ) m		
zona	Tinggi Timbunan	akibat
		timbunan
ZONA 1 (27 m)	1	0.213
	2	0.376
	3	0.518
	4	0.586

**b. Akibat beban perkerasan**

Pada perhitungan penurunan akibat perkerasan, langkah yang digunakan sama dengan menghitung penurunan akibat timbunan, namun pada penurunan akibat beban perkerasan tidak perlu menghitung lagi tegangan overburden efektif, yang berubah adalah besaran penambahan tegangan yang diterima oleh tanah lunak. Untuk ilustrasi penambahan tegangan akibat beban perkerasan tersaji pada gambar 5.3 sebagai berikut:



**Gambar 5. 3** Ilustrasi penambahan tegangan akibat beban perkerasan

Penambahan tegangan akibat dari beban perkerasan dengan ketinggian timbunan 2 meter didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.10) Berdasarkan **Gambar 4.9** sebagai acuan dalam perhitungan penambahan tegangan ( $\Delta p$ ), maka didapatkan hasil sebagai berikut:

- $H_{\text{perkerasan}} = 0,35 \text{ m}$
- $\gamma_{\text{beton}} = 24 \text{ kN/m}^3$
- $q_o = (H_{\text{timb}} \times \gamma_{\text{timb}})$   
 $= (0,35 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3)$   
 $= 8,4 \text{ kN/m}^2$
- $B1 = \frac{1}{2} \text{ lebar timbunan}$   
 $= \frac{1}{2} \times 34,10 \text{ m}$   
 $= 17,05 \text{ m}$
- $B2 = \text{lebar kemiringan timbunan } (2 \times H_{\text{timb}})$   
 $= 2 \times 2 \text{ m}$   
 $= 4 \text{ m}$
- $Z = H_{\text{timb}} + z_1$   
 $= 2 \text{ m} + 0,5 \text{ m}$   
 $= 2,5 \text{ m}$
- $\alpha 1 = \tan^{-1} \frac{(B1+B2)}{Z} - \tan^{-1} \frac{B1}{Z} \text{ (radian)}$

$$\begin{aligned}
&= \tan^{-1} \frac{(17,05 \text{ m} + 4 \text{ m})}{2,5 \text{ m}} - \tan^{-1} \frac{17,05 \text{ m}}{2,5} \text{ (radian)} \\
&= \tan^{-1} (8,42) - \tan^{-1} (6,82) \text{ (radian)} \\
&= 1,569 \\
\bullet \quad \alpha_2 &= \tan^{-1} \frac{B_1}{Z} \text{ (radian)} \\
&= \tan^{-1} \frac{17,05 \text{ m}}{2,5 \text{ m}} \text{ (radian)} \\
&= \tan^{-1} (6,82) \text{ (radian)} \\
&= 81,658 \\
\bullet \quad \Delta p &= \frac{8,4 \text{ kN/m}^2}{180} \left[ \frac{(17,05 \text{ m} + 4 \text{ m})}{4 \text{ m}} \right] \times (1,569 + \\
&\quad 81,658) - \left[ \left( \frac{17,05 \text{ m}}{4 \text{ m}} \right) \times 81,658 \right] \\
\Delta p &= 4,196 \text{ kN/m}^2
\end{aligned}$$

Hasil perhitungan  $\Delta p$  merupakan akibat dari beban  $\frac{1}{2}$  timbunan, untuk penambahan tegangan total timbunan, yakni  $2x$  dari  $\Delta p$ , didapatkan hasil:

$$\begin{aligned}
2\Delta p &= 2 \times 4,196 \text{ kN/m}^2 \\
2\Delta p &= 8,392 \text{ kN/m}^2
\end{aligned}$$

Berdasarkan data pada tabel 4.5 dapat digunakan untuk menghitung penurunan yang terjadi pada kedalaman tanah 1 m.

$$(2\Delta p + P'_o) \text{ kN/m}^2 < P_c' \Leftrightarrow 11,742 \text{ kN/m}^2 < 58,27 \text{ kN/m}^2.$$

Untuk *overconsolidated soil* dan  $2\Delta p + P'_o < P_c'$ , menggunakan persamaan (2.4).

$$S_{ci} = \left[ \frac{C_s}{1+e_o} \log \frac{p'_{o0} + \Delta p}{p'_{o0}} \right] \times H_i$$

$$\begin{aligned}
\bullet \quad C_s &= 0,06 \\
\bullet \quad e_o &= 1,5 \\
\bullet \quad P'_o &= 3,35 \text{ kN/m}^2 \\
\bullet \quad 2\Delta p &= 8,392 \text{ kN/m}^2
\end{aligned}$$

- $H_i$  = Tebal lapisan (1m)

$$S_{c1} = \left[ \frac{0,06}{1+1,5} \log \frac{11,742 \text{ kN/m}^2}{3,35 \text{ kN/m}^2} \right] \times 1$$

$$S_{c1} = 0,013 \text{ m} .$$

Berdasarkan data pada tabel 4.5 dapat digunakan untuk menghitung penurunan yang terjadi pada kedalaman tanah 16 m.

$$(2\Delta p + P'_o) \text{ kN/m}^2 > P_c' \Leftrightarrow 110,931 \text{ kN/m}^2 > 113 \text{ kN/m}^2 .$$

Pada kedalaman tanah 16 m termasuk jenis tanah terkonsolidasi normal, menggunakan persamaan (2.3).

$$S_{ci} = \left[ \frac{C_c}{1+e_0} \log \frac{p'_o + \Delta p}{p'_o} \right] \times H_i$$

- $C_c$  = 0,7
- $e_0$  = 1,5
- $P'_o$  = 103,85 kN/m<sup>2</sup>
- $2\Delta p$  = 7,081 kN/m<sup>2</sup>
- $H_i$  = tebal lapisan (1m)

$$S_{c16} = \left[ \frac{0,7}{1+1,5} \log \frac{110,931 \text{ kN/m}^2}{103,85 \text{ kN/m}^2} \right] \times 1$$

$$S_{c16} = 0,008 \text{ m} .$$

Untuk hasil penurunan akibat beban timbunan pada kedalaman selanjutnya terlampir pada lampiran 20. Pada tabel 5.8 tersaji hasil rekapitulasi penurunan total akibat beban perkerasan.

**Tabel 5. 8** Rekapitulasi Hasil Penurunan Total Kedalaman Tanah Compressible Akibat Beban Perkerasan

REKAPITULASI PENURUNAN ( $S_c$ ) m		
zona	Tinggi Timbunan	akibat
		perkerasan
ZONA 1 (27 m)	1	0.109
	2	0.109
	3	0.109
	4	0.109

**c. Akibat beban lalu lintas**

Pada perhitungan penurunan akibat beban lalu lintas, langkah yang digunakan sama dengan menghitung penurunan akibat beban perkerasan, namun pada penurunan akibat beban perkerasan tidak perlu menghitung lagi tegangan overburden efektif, yang berubah adalah besaran penambahan tegangan yang diterima oleh tanah lunak. Untuk ilustrasi penambahan tegangan akibat beban lalu lintas tersaji pada gambar 5.3.

Penambahan tegangan akibat dari beban lalu lintas dengan ketinggian timbunan 2 meter didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.10) Berdasarkan **Gambar 4.9** sebagai acuan dalam perhitungan penambahan tegangan ( $\Delta p$ ), maka didapatkan hasil sebagai berikut:

- $q_o = (0,8 \text{ m} \times \gamma_{timb})$   
 $= (0,8 \text{ m} \times 18 \text{ kN/m}^3)$   
 $= 14,4 \text{ kN/m}^2$
- $B1 = \frac{1}{2} \text{ lebar timbunan}$   
 $= \frac{1}{2} \times 34,10 \text{ m}$   
 $= 17,05 \text{ m}$
- $B2 = \text{lebar kemiringan timbunan } (2 \times H_{timb})$   
 $= 2 \times 2 \text{ m}$

- $$\begin{aligned}
 &= 4 \text{ m} \\
 \bullet \quad Z &= H_{\text{timb}} + z_1 \\
 &= 2 \text{ m} + 0,5 \text{ m} \\
 &= 2,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned}
 \bullet \quad \alpha 1 &= \tan^{-1} \frac{(B1+B2)}{Z} - \tan^{-1} \frac{B1}{Z} \text{ (radian)} \\
 &= \tan^{-1} \frac{(17,05 \text{ m} + 4 \text{ m})}{2,5 \text{ m}} - \tan^{-1} \frac{17,05 \text{ m}}{2,5} \text{ (radian)} \\
 &= \tan^{-1} (8,42) - \tan^{-1} (6,82) \text{ (radian)} \\
 &= 1,569
 \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned}
 \bullet \quad \alpha 2 &= \tan^{-1} \frac{B1}{Z} \text{ (radian)} \\
 &= \tan^{-1} \frac{17,05 \text{ m}}{2,5 \text{ m}} \text{ (radian)} \\
 &= \tan^{-1} (6,82) \text{ (radian)} \\
 &= 81,658
 \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned}
 \bullet \quad \Delta p &= \frac{14,4 \text{ kN/m}^2}{180} \left[ \frac{(17,05 \text{ m} + 4 \text{ m})}{4 \text{ m}} \right] \times (1,569 + \\
 &\quad 81,658) - \left[ \left( \frac{17,05 \text{ m}}{4 \text{ m}} \right) \times 81,658 \right] \\
 \Delta p &= 7,193 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan  $\Delta p$  merupakan akibat dari beban  $\frac{1}{2}$  timbunan, untuk penambahan tegangan total timbunan, yakni  $2 \times$  dari  $\Delta p$ , didapatkan hasil:

$$\begin{aligned}
 2\Delta p &= 2 \times 7,193 \text{ kN/m}^2 \\
 2\Delta p &= 14,386 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Berdasarkan data pada tabel 4.5 dapat digunakan untuk menghitung penurunan yang terjadi pada kedalaman tanah 1 m.

$$(2\Delta p + P'o) \text{ kN/m}^2 < Pc' \Leftrightarrow 17,736 \text{ kN/m}^2 < 58,27 \text{ kN/m}^2.$$

Untuk *overconsolidated soil* dan  $2\Delta p + P'o < Pc'$ , menggunakan persamaan (2.4).

$$S_{ci} = \left[ \frac{C_s}{1+e_o} \log \frac{p'_o + \Delta p}{p'_o} \right] \times H_i$$

- $C_s = 0,06$
- $e_o = 1,5$
- $P'_o = 3,35 \text{ kN/m}^2$
- $2\Delta p = 14,386 \text{ kN/m}^2$
- $H_i = \text{Tebal lapisan (1m)}$

$$S_{c1} = \left[ \frac{0,06}{1+1,5} \log \frac{17,736 \text{ kN/m}^2}{3,35 \text{ kN/m}^2} \right] \times 1$$

$$S_{c1} = 0,017 \text{ m} .$$

Berdasarkan data pada tabel 4.5 dapat digunakan untuk menghitung penurunan yang terjadi pada kedalaman tanah 16 m.

$$(2\Delta p + P'_o) \text{ kN/m}^2 > P_c' \Leftrightarrow 115,989 \text{ kN/m}^2 > 113 \text{ kN/m}^2 .$$

Pada kedalaman tanah 16 m termasuk jenis tanah terkonsolidasi normal, menggunakan persamaan (2.3).

$$S_{ci} = \left[ \frac{C_c}{1+e_o} \log \frac{p'_o + \Delta p}{p'_o} \right] \times H_i$$

- $C_c = 0,7$
- $e_o = 1,5$
- $P'_o = 103,85 \text{ kN/m}^2$
- $2\Delta p = 12,139 \text{ kN/m}^2$
- $H_i = \text{tebal lapisan (1m)}$

$$S_{c16} = \left[ \frac{0,7}{1+1,5} \log \frac{115,989 \text{ kN/m}^2}{103,85 \text{ kN/m}^2} \right] \times 1$$

$$S_{c16} = 0,0134 \text{ m} .$$

Untuk hasil penurunan akibat beban timbunan pada kedalaman selanjutnya terlampir pada lampiran 16. Pada tabel 5.9 tersaji hasil rekapitulasi penurunan total akibat beban perkerasan.

**Tabel 5. 9** Rekapitulasi Hasil Penurunan Total Kedalaman Tanah Compressible Akibat Beban Lalu Lintas

REKAPITULASI PENURUNAN (Sc) m		
zona	Tinggi Timbunan	akibat
		lalu lintas
ZONA 1 (27 m)	1	0.174
	2	0.174
	3	0.174
	4	0.174

Sehingga penurunan total dari 3 akibat tersebut tersaji pada tabel 5.10 sebagai berikut:

**Tabel 5. 10** Rekapitulasi Hasil Penurunan Total

REKAPITULASI PENURUNAN (Sc) m					Total Sc (m)
zona	Tinggi Timbunan	akibat			
		timbunan	perkerasan	lalu lintas	
ZONA 1 (27 m)	1	0.213	0.1085	0.1738	0.495
	2	0.376	0.1086	0.1739	0.659
	3	0.518	0.1086	0.1739	0.800
	4	0.586	0.1085	0.1739	0.868



### 5.1.6 Tinggi Timbunan Awal ( $H_{\text{inisial}}$ ) dan Timbunan Akhir ( $H_{\text{final}}$ )

Dalam subbab ini bertujuan untuk menentukan persamaan yang dapat di gunakan dalam perhitungan variasi tinggi timbunan yang sesuai pada perencanaan tinggi timbunan di lapangan. Dengan tinggi timbunan rencana merujuk pada tabel 4.10.

Pada subbab ini perhitungan menggunakan persamaan (2.13 s.d. 2.14) untuk menghitung tinggi timbunan awal dan tinggi timbunan akhir.

- $h_{\text{timb}} = 2 \text{ m}$
- $\gamma_{\text{timb}} = 18 \text{ kN/m}^2$
- $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^2$
- $q_{\text{final}} = \gamma_{\text{timb}} \times h_{\text{timb}}$   
 $= 18 \text{ kN/m}^2 \times 2 \text{ m} = 36 \text{ kN/m}^2$
- $Sc_2 = 0,3762 \text{ m}$  (Tabel 5.6)
- $H_{\text{initial}} = \frac{q + (Sc \times \gamma_{\text{timb}}) - (Sc \cdot \gamma'_{\text{timb}})}{\gamma_{\text{timb}}}$
- $H_{\text{initial}} = \frac{36 \text{ kN/m}^2 + (0,3762 \text{ m} \times 18 \text{ kN/m}^2) - (0,3762 \text{ m} \times 18 \text{ kN/m}^2)}{18 \text{ kN/m}^2}$
- $H_{\text{inisial}} = 2,20899 \text{ m}$

Sehingga didapatkan tinggi timbunan akhir dengan persamaan (2.9) sebagai berikut :

$$H_{\text{final}} = H_{\text{inisial}} - Sc_{\text{timb}} - Sc_{\text{perkerasan}} - Sc_{\text{lalin}}$$

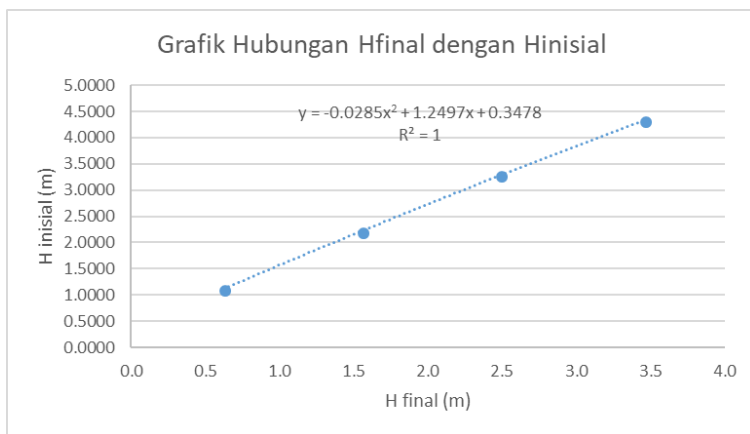
$$H_{\text{final}} = 2,20899 \text{ m} - 0,3762 \text{ m} - 0,1085 \text{ m} - 0,1738 \text{ m}$$

$$H_{\text{final}} = 1,5505 \text{ m}$$

Hasil perhitungan tinggi timbunan awal ( $H_{\text{inisial}}$ ) dan tinggi timbunan akhir ( $H_{\text{final}}$ ) dengan variasi tinggi timbunan disajikan dalam tabel 5.11.

**Tabel 5. 11** Hasil Rekapitulasi  $H_{\text{inisial}}$  dan  $H_{\text{final}}$ 

H rencana (m)	q rencana $t/m^2$	H inisial (m)	Sc (m)	H final (m)
1	18	1.1181	0.2125	0.6231
2	36	2.2090	0.3762	1.5503
3	54	3.2876	0.5178	2.4874
4	72	4.3254	0.5857	3.4573

**Gambar 5. 4** Grafik hubungan  $H_{\text{final}}$  dan  $H_{\text{inisial}}$ 

Berdasarkan tabel 5.11 didapatkan grafik yang menghasilkan persamaan

$$y = -0,0285 x^2 + 1,2497 x + 0,3478 \quad (*)$$

yang dapat membantu perhitungan variasi tinggi timbunan yang akan direncanakan di lapangan.

Pada perencanaan dilapangan, dengan meninjau ketinggian yang direncanakan pada *bore hole* 5, yakni + 4,357 m dan ketinggian awal + 2,23 m maka dengan persamaan (\*) yang didapatkan dari grafik dapat disubstitusikan dengan + 4,357 m

sebagai sumbu x, sehingga dapat di hitung tinggi timbunan awal yang harus di laksanakan dilapangan, yakni

$$y = -0,0285 x^2 + 1,2497 x + 0,3478$$

Dengan  $x = 4,357$  m

Sehingga,

$$y = -0,0285 \times 4,357^2 + 1,2497 \times 4,357 + 0,3478$$

$$y = -0,541 + 5,445 + 0,3478$$

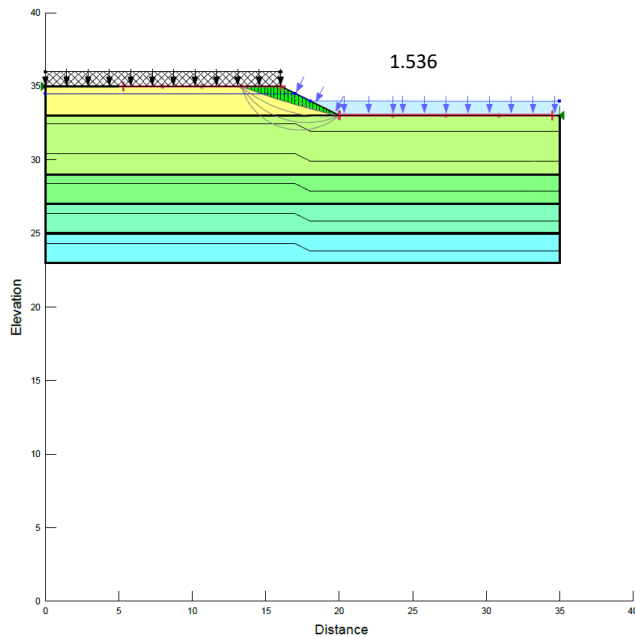
$$y = 5,251 \text{ m.}$$

Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa pada *bore hole* 5 yang mempunyai ketinggian timbunan rencana + 4,357 m, maka tinggi penimbunan awal yang harus dilakukan dilapangan adalah  $5,251 \text{ m} - 2,23 \text{ m}$  (elevasi tanah asli) =  $3,022 \text{ m}$ . Untuk mengetahui ketinggian akhir dan tinggi timbunan yang diperlukan pada STA selanjutnya didapat dari perhitungan yang sama dengan menghitung ketinggian rencana pada *bore hole* 5.

## 5.2 Analisa Stabilitas Timbunan dengan Geoslope

Pada subbab ini menjelaskan tentang hasil dari stabilitas timbunan dengan program bantu *geoslope*, data yang digunakan berdasarkan data pada tabel 4.5 dan menggunakan variasi tinggi timbunan seperti pada perhitungan yang lain, yakni 1 m, 2 m, 3 m, 4 m.

Tabel 5.12 merupakan rekapitulasi hasil angka keamanan dari stabilitas dengan variasi tinggi timbunan sebelum tahap perbaikan tanah dasar.



**Gambar 5. 5** Analisa stabilitas timbunan 2 m

**Tabel 5. 12** Rekapitulasi Angka Keamanan sebelum Perbaikan Tanah Dasar

REKAPITULASI SAFETY FACTOR (LAMA)			
ZONA 1 (27 m)	TIMBUNAN	SF	KETERANGAN
	1	4.397	AMAN
	1.5	3.571	AMAN
	2	1.536	AMAN
	2.5	1.866	AMAN
	3	1.518	AMAN
	3.5	0.600	TIDAK AMAN
	4	1.003	TIDAK AMAN

Untuk hasil analisa stabilitas timbunan dengan program bantu *Geoslope* terlampir pada lampiran stabilitas timbunan.

### 5.3 Waktu Penurunan Tanah dengan Beban Preloading

Analisa waktu penurunan tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.24), data yang digunakan berdasarkan pada tabel 4.5 dan untuk detail gambar kondisi tanah terlampir pada lampiran A3:

$$t = \frac{(Hdr)^2 T}{Cv}$$

Faktor waktu untuk derajat konsolidasi T 90 % berdasarkan pada tabel 2.3.

$$Hdr = 27 \text{ m}$$

$$Cv = 0,00073 \text{ cm}^2/\text{sec}$$

$$= 2,302 \text{ m}^2/\text{thn}$$

$$T_{90\%} = 0,848$$

$$t = \frac{(27 \text{ m})^2 \times 0,848}{2,302 \text{ m}^2/\text{thn}} \Leftrightarrow 268,531 \text{ tahun}$$

Dibutuhkan waktu 268,531 tahun untuk proses penurunan tanah lunak dengan ketebalan 27 m, sehingga merujuk pada waktu penurunan tanah yang sangat lama, langkah selanjutnya adalah menganalisa penurunan tanah dalam kurun waktu 1 tahun. Apabila penurunan dalam tahun pertama (*rate of settlement*) melebihi 1,5 cm maka diperlukan adanya perbaikan tanah dasar. Untuk mengetahui besar penurunan dengan tinggi timbunan 2 meter pada tahun pertama hingga umur rencana jalan yang diasumsikan 10 tahun adalah sebagai berikut:

$$Tv = \frac{t \times Cv}{(Hdr)^2}, \text{ dimana } t = 1 \text{ (tahun pertama)}$$

$$Tv = \frac{1 \times 2,302 \text{ m}^2/\text{thn}}{(27 \text{ m})^2} \Leftrightarrow 0,003$$

$$\text{Untuk } U_v \text{ antara } 0 \text{ s.d } 60 \% = \left( 2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\%$$

$$U_v > 60 \% = (100 - a)\%$$

$$\text{Dimana: } a = 10^{\left( \frac{1,781-T}{0,933} \right)}$$

$$\text{Pada tahun ke 1 } U_v < 60 \% = \left( 2 \sqrt{\frac{0,003}{3,14}} \right) \times 100\%$$

Sehingga  $U_v$  pada tahun pertama sebesar 6,343 % dan penurunan tanah pada tahun pertama adalah sebagai berikut:

$$S_{c1} = U_{v1} \times S_c \text{ total (Tabel 5.10)}$$

$$S_{c1} = \frac{6,343}{100} \times 65,90 \text{ cm} = 4,2 \text{ cm} > 1,5 \text{ cm}$$

Penurunan tanah pada tahun ke 2.

$$T_v = \frac{t \times C_v}{(H_{dr})^2}, \text{ dimana } t = 2 \text{ (tahun kedua)}$$

$$T_v = \frac{2 \times 2,302 \text{ m}^2 / \text{thn}}{(27 \text{ m})^2} \Leftrightarrow 0,006$$

$$\text{Untuk } U_v \text{ antara } 0 \text{ s.d } 60 \% = \left( 2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\%$$

$$U_v > 60 \% = (100 - a)\%$$

$$\text{Dimana: } a = 10^{\left( \frac{1,781-T}{0,933} \right)}$$

$$\text{Pada tahun ke 2 } U_v < 60 \% = \left( 2 \sqrt{\frac{0,006}{3,14}} \right) \times 100\% \Leftrightarrow 8,970 \%$$

Sehingga  $U_v$  pada tahun pertama sebesar 8,970 % dan penurunan tanah pada tahun kedua adalah sebagai berikut:

$$S_{c2} = U_{v2} \times S_c \text{ total (Tabel 5.10)}$$

$$S_{c2} = \frac{8,970}{100} \times 65,90 \text{ cm} = 5,9 \text{ cm}$$

$$\Delta Sc = S_{c2} - S_{c1}$$

$$\Delta Sc = 5,9 \text{ cm} - 4,2 \text{ cm}$$

$\Delta Sc = 1,7 \text{ cm}$ , selisih penurunan antara tahun kedua dengan tahun pertama adalah sebesar 1,7 cm. untuk hasil dari penurunan setiap tahun serta selisih besar penurunan setiap tahun tersaji pada tabel 5.13 sebagai berikut:

**Tabel 5. 13** Penurunan Tanah dan Selisih Besar Penurunan Tanah Setiap Tahun

Tahun ke	Tv	Uv (%)	Sct (m)	$\Delta Sc$ (m)
1	0.003	6.343	0.042	
2	0.006	8.970	0.059	0.017
3	0.009	10.986	0.072	0.013
4	0.013	12.685	0.084	0.011
5	0.016	14.182	0.093	0.010
6	0.019	15.536	0.102	0.009
7	0.022	16.781	0.111	0.008
8	0.025	17.940	0.118	0.008
9	0.028	19.028	0.125	0.007
10	0.032	20.057	0.132	0.007

Berdasarkan hasil pada tabel 5.13, didapatkan pada umur rencana jalan 10 tahun masih terjadi *consolidation settlement* sebesar  $65,90 \text{ cm} - 13,2 \text{ cm} = 52,70 \text{ cm}$  dan sisa *consolidation settlement* tersebut yang dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur perkerasan jalan. Oleh karena itu berdasarkan dengan hasil penurunan pada tahun pertama yang melebihi *rate of settlement* (1,5 cm/tahun), maka diperlukan adanya perbaikan tanah dasar,

dalam proyek akhir terapan perbaikan tanah dasar menggunakan metode *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan panjang STA yang harus menggunakan perbaikan tanah terlampir pada lampiran A3.



*“halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB VI**

### **PERBAIKAN TANAH DASAR**

#### **6.1 Pola Pemasangan PVD dan Waktu Penurunan Tanah dengan PVD**

Terdapat 2 cara dalam pemasangan PVD, yakni dengan pola segitiga atau menggunakan pola segiempat, untuk memilih pola pemasangan PVD yang optimal, perencana dapat mempertimbangkan dengan durasi dan biaya pekerjaan yang sesuai dengan yang direncanakan.

##### **6.1.1 Pola Pemasangan Segitiga**

Pola pemasangan segitiga merupakan pola pemasangan yang lebih efisien daripada pola segiempat dari segi lama pemampatan tanah dan kekuatan pada daya dukung tanah, akan tetapi dalam segi biaya pola pemasangan segitiga lebih mahal karena membutuhkan PVD dengan jumlah yang banyak.

##### **a. Perhitungan Diameter Ekuivalen**

Perhitungan diameter ekuivalen untuk PVD menggunakan persamaan (2.30) berdasarkan data spesifikasi PVD yang merujuk pada subbab 4.3.1.

$$dw = \frac{2(a+b)}{\pi}$$

dimana:

- *Thickness* (a) = 100 mm
- *Width* (b) = 4 mm

$$dw = \frac{2(100 \text{ mm} + 4 \text{ mm})}{3,14}$$

$$dw = 66,242 \text{ mm}$$

Diameter ekuivalen (D) dari lingkaran tanah pengaruh dari PVD. Harga D (pola segitiga) =  $1,05 S$  ( $S$  = jarak antar pemasangan PVD). Untuk analisa perbaikan tanah tersebut, jarak pemasangan PVD ( $S$ ) diasumsi dengan jarak 0,8 m, 1 m, 1,25 m, 1,5 m, 1,75 m. Diameter Ekuivalen dengan  $S = 0,8$  m

$$D_{0,8} = 1,05 \times S$$

$$D_{0,8} = 1,05 \times 0,8$$

$$D_{0,8} = 0,84 \text{ mm} \Leftrightarrow 840 \text{ mm}$$

Diameter Ekuivalen dengan  $S = 1$  m

$$D_{0,8} = 1,05 \times S$$

$$D_{0,8} = 1,05 \times 1$$

$$D_{0,8} = 1,05 \text{ mm} \Leftrightarrow 1050 \text{ mm}$$

Untuk diameter ekuivalen pada jarak antar pemasangan PVD selanjutnya tersaji pada tabel sebagai berikut:

**Tabel 6. 1** Diameter Ekuivalen dengan Variasi Jarak antar PVD

Jarak PVD	D
s (m)	(mm)
0.8	840
1.25	1312.5
1	1050
1.5	1575
1.75	1837.5

**b. Fungsi Hambatan Akibat Jarak Antar PVD (F(n))**

Perhitungan besar fungsi hambatan yang diakibatkan jarak antar PVD untuk berbagai variasi jarak pemasangan PVD dihitung dengan menggunakan persamaan (2.31) sebagai berikut:

$$F(n) = (n^2/(n^2-1)) \times (\ln(n) - \frac{3}{4} - (\frac{1}{4} n^2))$$

$$n = D/dw$$

Fungsi hambatan dengan (S) = 0,8 m

$$n_{0,8} = \frac{D_{0,8}}{dw_{0,8}}$$

$$n_{0,8} = \frac{840 \text{ mm}}{66,242 \text{ mm}}$$

$$n_{0,8} = 12,681$$

$$F(n) = (12,681^2 / (12,681^2 - 1)) \times (\ln(12,681) - \frac{3}{4} - (\frac{1}{4} 12,681^2))$$

$$F(n) = 1,804$$

Fungsi hambatan dengan (S) = 1 m

$$n_1 = \frac{D_1}{dw_1}$$

$$n_1 = \frac{1050 \text{ mm}}{66,242 \text{ mm}}$$

$$n_1 = 15,851$$

$$F(n) = (15,851^2 / (15,851^2 - 1)) \times (\ln(15,851) - \frac{3}{4} - (\frac{1}{4} 15,851^2))$$

$$F(n) = 2,023$$

Untuk perhitungan fungsi hambatan pada jarak antar pemasangan PVD yang lainnya tersaji pada tabel 6.2 sebagai berikut:

**Tabel 6. 2** Fungsi Hambatan PVD Pola Pemasangan Segitiga

Jarak PVD	D	a	b	Dw	D/Dw (n)	n <sup>2</sup>	F (n)
s (m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)			
0.8	840	100	4	66.242	12.681	160.802	1.804
1.25	1312.5	100	4	66.242	19.814	392.583	2.243
1	1050	100	4	66.242	15.851	251.253	2.023
1.5	1575	100	4	66.242	23.776	565.319	2.424
1.75	1837.5	100	4	66.242	27.739	769.462	2.577

### c. Perhitungan Derajat Konsolidasi Total

Perhitungan derajat konsolidasi arah horizontal dan vertikal untuk jarak pemasangan PVD (S) = 1 m, dengan pola pemasangan segitiga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.24) sebagai berikut:

Derajat konsolidasi total minggu ke 1

Untuk :

$$\begin{aligned} S &= 1 \text{ m} \\ D &= 1050 \text{ mm} \\ F(n) &= 2,023 \\ T &= 1 \text{ (minggu) asumsi} \\ C_v &= 0,00073 \text{ cm}^2/\text{sec} \\ &= 0,044 \text{ m}^2/\text{minggu} \\ C_h &= (2-5) \cdot C_v \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dipakai } C_h &= 3 \times C_v \\ &= 3 \times 0,044 \text{ m}^2/\text{minggu} \\ &= 0,132 \text{ m}^2/\text{minggu} \end{aligned}$$

Derajat konsolidasi vertikal

$$t = \frac{(Hdr)^2 T}{C_v} \Leftrightarrow Tv = \frac{t \times C_v}{(Hdr)^2}$$

$$Tv = \frac{1 \times 0,044 \text{ m}^2/\text{minggu}}{(27 \text{ m})^2}$$

$$Tv = 6,0563 \times 10^{-5}$$

$$Uv = \left( 2 \sqrt{\frac{Tv}{\pi}} \right)$$

$$Uv = \left( 2 \sqrt{\frac{6,0563 \times 10^{-5}}{3,14}} \right)$$

$$Uv = 0,009$$

Derajat konsolidasi horizontal

$$Uh = \left[ 1 - \left[ \frac{1}{e^{\left( \frac{t \times 8 \times ch}{D^2 \times 2 \times F(n)} \right)}} \right] \right]$$

$$Uh = \left[ 1 - \left[ \frac{1}{e^{\left( \frac{1 \times 8 \times 0,132 \text{ m}^2/\text{minggu}}{(1050 \text{ mm})^2 \times 2 \times 2,023} \right)}} \right] \right]$$

$$Uh = 0,211$$

Derajat konsolidasi total

$$U_{total} = (1 - (1 - Uh) \times (1 - Uv)) \times 100\%$$

$$U_{total} = (1 - (1 - 0,211) \times (1 - 0,009)) \times 100\%$$

$$U_{total} = 21,834 \%$$

Derajat konsolidasi total minggu ke 2

Untuk :

$$S = 1 \text{ m}$$

$$D = 1050 \text{ mm}$$

$$F(n) = 2,023$$

$$T = 2 \text{ (minggu)}$$

$$Cv = 0,00073 \text{ cm}^2/\text{sec}$$

$$= 0,044 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

$$Ch = (2-5) \cdot Cv$$

$$\text{Dipakai } Ch = 3 \times Cv$$

$$= 3 \times 0,044 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

$$= 0,132 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

Derajat konsolidasi vertikal

$$t = \frac{(Hdr)^2 T}{Cv} \Leftrightarrow Tv = \frac{t \times Cv}{(Hdr)^2}$$

$$Tv = \frac{2 \times 0,044 \text{ m}^2 / \text{minggu}}{(27 \text{ m})^2}$$

$$Tv = 0,00012$$

$$Uv = \left( 2 \sqrt{\frac{Tv}{\pi}} \right)$$

$$Uv = \left( 2 \sqrt{\frac{0,00012}{3,14}} \right)$$

$$Uv = 0,012$$

Derajat konsolidasi horizontal

$$Uh = \left[ 1 - \left[ \frac{1}{e^{\left( \frac{t \times 8 \times ch}{D^2 \times 2 \times F(n)} \right)}} \right] \right]$$

$$Uh = \left[ 1 - \left[ \frac{1}{e^{\left( \frac{2 \times 8 \times 0,132 \text{ m}^2 / \text{minggu}}{(1050 \text{ mm})^2 \times 2 \times 2,023} \right)}} \right] \right]$$

$$Uh = 0,378$$

Derajat konsolidasi total

$$U_{total} = (1 - (1 - Uh) \times (1 - Uv)) \times 100\%$$

$$U_{total} = (1 - (1 - 0,378) \times (1 - 0,012)) \times 100\%$$

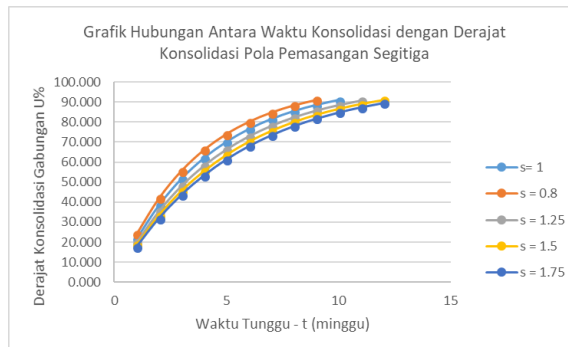
$$U_{total} = 38,585 \%$$

Perhitungan derajat konsolidasi total ( $U_{total}$ ) untuk minggu selanjutnya dapat dilihat pada tabel 6.3

**Tabel 6. 3** Hasil Derajat Konsolidasi Total untuk Pola Pemasangan Segitiga dengan Spasi 1 m

t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	U total (%)
1	6.06E-05	0.009	0.211	21.834
2	0.00012	0.012	0.378	38.585
3	0.00018	0.015	0.510	51.706
4	0.00024	0.018	0.613	62.007
5	0.00030	0.020	0.695	70.102
6	0.00036	0.022	0.760	76.468
7	0.00042	0.023	0.810	81.476
8	0.00048	0.025	0.850	85.416
9	0.00055	0.026	0.882	88.517
10	0.00061	0.028	0.907	90.958

Untuk mencapai derajat konsolidasi total 90 % akibat beban timbuan dapat dicapai dengan waktu 10 minggu, dalam hal ini penurunan 90 % sebesar 33,858 cm dapat ditempuh dalam 10 minggu dengan pola pemasangan segitiga.



**Grafik 6. 1** Hubungan Antara Waktu Konsolidasi dengan Derajat Konsolidasi



## 6.1.2 Pola Pemasangan Segiempat

### a. Perhitungan Diameter Ekuivalen

Perhitungan diameter ekuivalen untuk PVD menggunakan persamaan (2.30) berdasarkan data spesifikasi PVD yang merujuk pada subbab 4.3.1.

$$dw = \frac{2(a+b)}{\pi}$$

dimana:

- *Thickness* (a) = 100 mm
- *Width* (b) = 4 mm

$$dw = \frac{2(100 \text{ mm} + 4 \text{ mm})}{3,14}$$

$$dw = 66,242 \text{ mm}$$

Diameter ekuivalen (D) dari lingkaran tanah pengaruh dari PVD. Harga D (pola segiempat) = 1,13 S (S = jarak antar pemasangan PVD). Untuk analisa perbaikan tanah tersebut, jarak pemasangan PVD (S) diasumsi dengan jarak 0,8 m, 1 m, 1,25 m, 1,5 m, 1,75 m.

Diameter Ekivalen dengan S = 0,8 m

$$D_{0,8} = 1,13 \times S$$

$$D_{0,8} = 1,13 \times 0,8$$

$$D_{0,8} = 0,94 \text{ mm} \Leftrightarrow 940 \text{ mm}$$

Diameter Ekivalen dengan S = 1 m

$$D_{0,8} = 1,13 \times S$$

$$D_{0,8} = 1,13 \times 1$$

$$D_{0,8} = 1,13 \text{ mm} \Leftrightarrow 1130 \text{ mm}$$

Untuk diameter ekivalen pada jarak antar pemasangan PVD selanjutnya tersaji pada tabel sebagai berikut:

**Tabel 6. 4** Diameter Ekuivalen dengan Variasi Jarak antar PVD

Jarak PVD	D
s (m)	(mm)
0.8	904
1.25	1412.5
1	1130
1.5	1695
1.75	1977.5

**b. Fungsi Hambatan Akibat Jarak Antar PVD (F(n))**

Perhitungan besar fungsi hambatan yang diakibatkan jarak antar PVD untuk berbagai variasi jarak pemasangan PVD dihitung dengan menggunakan persamaan (2.31) sebagai berikut:

$$F(n) = (n^2/(n^2-1)) \times (\ln(n) - \frac{3}{4} - (\frac{1}{4} n^2))$$

$$n = D/dw$$

Fungsi hambatan dengan (S) = 0,8 m

$$n_{0,8} = \frac{D_{0,8}}{dw_{0,8}}$$

$$n_{0,8} = \frac{940 \text{ mm}}{66,242 \text{ mm}}$$

$$n_{0,8} = 13,467$$

$$F(n) = (13,467^2/(13,467^2 - 1)) \times (\ln(13,467) - \frac{3}{4} - (\frac{1}{4} 13,467^2))$$

$$F(n) = 1,876$$

Fungsi hambatan dengan (S) = 1 m

$$n_1 = \frac{D_1}{dw_1}$$

$$n_1 = \frac{1130 \text{ mm}}{66,242 \text{ mm}}$$

$$n_1 = 17,059$$

$$F(n) = (17,059^2 / (17,059^2 - 1)) \times (\ln(17,059) - \frac{3}{4} - (\frac{1}{4} 17,059^2))$$

$$F(n) = 2,096$$

Untuk perhitungan fungsi hambatan pada jarak antar pemasangan PVD yang lainnya tersaji pada tabel 6.2 sebagai berikut:

**Tabel 6. 5** Fungsi Hambatan PVD Pola Pemasangan Segiempat

Jarak PVD	D	a	b	Dw	D/Dw (n)	n <sup>2</sup>	F (n)
s (m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)			
0.8	904	100	4	66.242	13.647	186.239	1.876
1.25	1412.5	100	4	66.242	21.323	454.684	2.316
1	1130	100	4	66.242	17.059	290.998	2.096
1.5	1695	100	4	66.242	25.588	654.745	2.497
1.75	1977.5	100	4	66.242	29.853	891.180	2.650

### c. Perhitungan Derajat Konsolidasi Total

Perhitungan derajat konsolidasi arah horizontal dan vertikal untuk jarak pemasangan PVD (S) = 1 m, dengan pola pemasangan segiempat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.24) sebagai berikut:

Derajat konsolidasi total minggu ke 1

Untuk :

$$S = 1 \text{ m}$$

$$D = 1130 \text{ mm}$$

$$F(n) = 2,096$$

$$t = 1 \text{ (minggu) asumsi}$$

$$C_v = 0,00073 \text{ cm}^2/\text{sec}$$

$$= 0,044 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

$$Ch = (2-5) \cdot C_v$$

$$\text{Dipakai } Ch = 3 \times C_v$$

$$= 3 \times 0,044 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

$$= 0,132 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

Derajat konsolidasi vertikal

$$t = \frac{(Hdr)^2 T}{Cv} \Leftrightarrow Tv = \frac{t \times Cv}{(Hdr)^2}$$

$$Tv = \frac{1 \times 0,044 \text{ m}^2/\text{minggu}}{(27 \text{ m})^2}$$

$$Tv = 6,0563 \times 10^{-5}$$

$$Uv = \left( 2 \sqrt{\frac{Tv}{\pi}} \right)$$

$$Uv = \left( 2 \sqrt{\frac{6,0563 \times 10^{-5}}{3,14}} \right)$$

$$Uv = 0,009$$

Derajat konsolidasi horizontal

$$Uh = \left[ 1 - \left[ \frac{1}{e^{\left( \frac{t \times 8 \times ch}{D^2 \times 2 \times F(n)} \right)}} \right] \right]$$

$$Uh = \left[ 1 - \left[ \frac{1}{e^{\left( \frac{1 \times 8 \times 0,132 \text{ m}^2/\text{minggu}}{(1130 \text{ mm})^2 \times 2 \times 2,096} \right)}} \right] \right]$$

$$Uh = 0,180$$

Derajat konsolidasi total

$$U_{total} = (1 - (1 - Uh) \times (1 - Uv)) \times 100\%$$

$$U_{total} = (1 - (1 - 0,180) \times (1 - 0,009)) \times 100\%$$

$$U_{total} = 18,683 \%$$

Derajat konsolidasi total minggu ke 2

Untuk :

$$S = 1 \text{ m}$$

$$D = 1130 \text{ mm}$$

$$F(n) = 2,096$$

$$T = 2 \text{ (minggu)}$$

$$C_v = 0,00073 \text{ cm}^2/\text{sec}$$

$$= 0,044 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

$$Ch = (2-5) \cdot C_v$$

$$\text{Dipakai } Ch = 3 \times C_v$$

$$= 3 \times 0,044 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

$$= 0,132 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

Derajat konsolidasi vertikal

$$t = \frac{(Hdr)^2 T}{C_v} \Leftrightarrow Tv = \frac{t \times C_v}{(Hdr)^2}$$

$$Tv = \frac{2 \times 0,044 \text{ m}^2/\text{minggu}}{(27 \text{ m})^2}$$

$$Tv = 0,00012$$

$$Uv = \left( 2 \sqrt{\frac{Tv}{\pi}} \right)$$

$$Uv = \left( 2 \sqrt{\frac{0,00012}{3,14}} \right)$$

$$Uv = 0,012$$

Derajat konsolidasi horizontal

$$U_h = \left[ 1 - \left[ \frac{1}{e^{\left( \frac{t \times 8 \times ch}{D^2 \times 2 \times F(n)} \right)}} \right] \right]$$

$$U_h = \left[ 1 - \left[ \frac{1}{e^{\left( \frac{2 \times 8 \times 0,132 \text{ m}^2/\text{minggu}}{(1130 \text{ mm})^2 \times 2 \times 2,096} \right)}} \right] \right]$$

$$U_h = 0,327$$

Derajat konsolidasi total

$$U_{total} = (1 - (1 - U_h) \times (1 - U_v)) \times 100\%$$

$$U_{total} = (1 - (1 - 0,327) \times (1 - 0,012)) \times 100\%$$

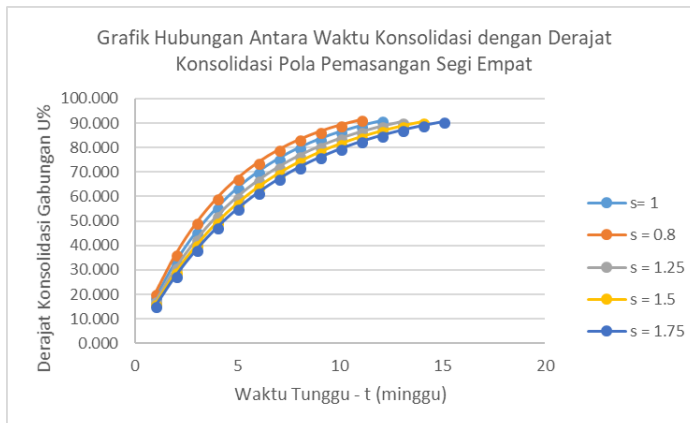
$$U_{total} = 33,535 \%$$

Perhitungan derajat konsolidasi total ( $U_{total}$ ) untuk minggu selanjutnya dapat dilihat pada tabel 6.6

**Tabel 6. 6** Hasil Derajat Konsolidasi Total untuk Pola Pemasangan Segiempat dengan Spasi 1 m

t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	U total (%)
1	6.06E-05	0.009	0.180	18.683
2	0.000121	0.012	0.327	33.535
3	0.00018	0.015	0.448	45.628
4	0.00024	0.018	0.547	55.501
5	0.00030	0.020	0.628	63.571
6	0.00036	0.022	0.695	70.172
7	0.00042	0.023	0.750	75.573
8	0.00048	0.025	0.795	79.994
9	0.00055	0.026	0.832	83.613
10	0.00061	0.028	0.862	86.576
11	0.00067	0.029	0.887	89.003
12	0.00073	0.030	0.907	90.990

Untuk mencapai derajat konsolidasi total 90 % akibat beban timbunan dapat dicapai dengan waktu 12 minggu, dalam hal ini penurunan 90 % sebesar 33,858 cm dapat ditempuh dalam 12 minggu dengan pola pemasangan segiempat.



**Grafik 6. 2** Hubungan Antara Waktu Konsolidasi dengan Derajat Konsolidasi

## BAB VII

### PENURUNAN AKIBAT PENIMBUNAN SECARA BERTAHAP

Pada tahap berikut merupakan perhitungan penurunan akibat beban timbunan secara bertahap, dengan hasil penurunan yang lebih kecil dari penurunan akibat beban timbunan secara langsung dikarenakan pada timbunan secara bertahap memiliki umur timbunan, berdasarkan dengan umur timbunan maka kenaikan daya dukung tanah terjadi, untuk mendapatkan hasil dari perhitungan pada tahap ini, dengan menggunakan persamaan (2.18) s.d (2.20). namun pada perhitungan penurunan akibat beban timbunan bertahap memiliki tahapan – tahapan perhitungan sebagai berikut :

#### 7.1 Penjadwalan Timbunan Bertahap

Pada subbab ini untuk menentukan penjadwalan secara bertahap dengan mengacu pada tinggi kritis dari timbunan pada zona tersebut dengan menggunakan *Geoslope*. Pada zona 1 tersebut tinggi timbunan kritis adalah 3 m, dengan makna pada zona 1 dapat melakukan penimbunan bertahap secara terus menerus setinggi 3 m pada tabel 5.12 merupakan hasil analisis stabilitas timbunan. Di asumsikan kecepatan penimbunan 50 cm/minggu, sehingga untuk menimbun setinggi 3 m diperlukan 6 tahap.

**Tabel 7. 1** Umur Timbunan Ke-I pada Minggu Ke-6

Umur Timbunan						
Tinggi Timbunan	Tahapan Penimbunan					
	1	2	3	4	5	6
0.5 m	1 minggu	0	0	0	0	0
1 m	2 minggu	1 minggu	0	0	0	0
1,5 m	3 minggu	2 minggu	1 minggu	0	0	0
2 m	4 minggu	3 minggu	2 minggu	1 minggu	0	0
2,5 m	5 minggu	4 minggu	3 minggu	2 minggu	1 minggu	0
3 m	6 minggu	5 minggu	4 minggu	3 minggu	2 minggu	1 minggu



## 7.2 Tegangan pada Setiap Lapisan Tanah untuk Derajat Konsolidasi 100 %

Untuk menghitung penambahan tegangan ( $\Delta p$ ) pada subbab ini sama dengan pada perhitungan penambahan tegangan seperti pada subbab 5.1.3

- $H_{\text{timb}} = 0,5 \text{ m}$
- $\gamma_{\text{timb}} = 18 \text{ kN/m}^3$
- $q_0 = (H_{\text{timb}} \times \gamma_{\text{timb}})$   
 $= (0,5 \text{ m} \times 18 \text{ kN/m}^3)$   
 $= 9 \text{ kN/m}^2$
- $B1 = \frac{1}{2} \text{ lebar timbunan}$   
 $= \frac{1}{2} \times 34,10 \text{ m}$   
 $= 17,05 \text{ m}$
- $B2 = \text{lebar kemiringan timbunan } (2 \times H_{\text{timb}})$   
 $= 2 \times 0,5 \text{ m}$   
 $= 1 \text{ m}$
- $\alpha 1 = \tan^{-1} \frac{(B1+B2)}{Z} - \tan^{-1} \frac{B1}{Z} \text{ (radian)}$   
 $= \tan^{-1} \frac{(17,05 \text{ m} + 1 \text{ m})}{0,5 \text{ m}} - \tan^{-1} \frac{17,05 \text{ m}}{0,5}$  (radian)  
 $= \tan^{-1} (36,1) - \tan^{-1} (34,1) \text{ (radian)}$   
 $= 0,093$
- $\alpha 2 = \tan^{-1} \frac{B1}{Z} \text{ (radian)}$   
 $= \tan^{-1} \frac{17,05 \text{ m}}{0,5 \text{ m}} \text{ (radian)}$   
 $= \tan^{-1} (34,1) \text{ (radian)}$   
 $= 88,320$
- $\Delta p = \frac{9 \text{ kN/m}^2}{180} \left[ \left( \frac{17,05 \text{ m} + 1 \text{ m}}{1 \text{ m}} \right) \right] \times (0,093 + 88,320) - \left[ \left( \frac{17,05 \text{ m}}{1 \text{ m}} \right) \times 88,320 \right]$   
 $\Delta p = 4,5 \text{ kN/m}^2$

Hasil perhitungan  $\Delta p$  merupakan akibat dari beban  $\frac{1}{2}$  timbunan,  $\Delta P_1$ ,  $\Delta P_2$ ,  $\Delta P_3$  hasilnya sama, untuk penambahan tegangan total timbunan, yakni 2x dari  $\Delta p$ , didapatkan hasil:

$$2\Delta p = 2 \times 4,5 \text{ kN/m}^2$$

$$2\Delta p = 9 \text{ kN/m}^2$$

Perhitungan Perubahan tegangan didapatkan dari :

$$\sigma_1' = P_o + \Delta P_1$$

$$\sigma_2' = \sigma_1' + \Delta P_2$$

Perhitungan tersebut dilakukan hingga tinggi timbunan kritis tercapai, hasil dari  $P_o$ ,  $\sigma_1'$ ,  $\sigma_2'$  berbeda – beda pada setiap kedalaman tanah. Berikut merupakan contoh perhitungan penambahan tegangan dengan derajat konsolidasi 100 % pada penimbunan tahap 1 untuk tegangan pada kedalaman tanah 1 m. Untuk besaran nilai  $P_o$  mengacu pada tabel 5.3.

$$\sigma_1' = P_o + \Delta P_1$$

$$\sigma_1' = 3,35 \text{ kN/m}^2 + 9 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_1' = 12,35 \text{ kN/m}^2$$

Untuk hasil penambahan tegangan akibat penimbunan tahap 1 pada kedalaman tanah selanjutnya disajikan dalam tabel 7.2. Perhitungan penambahan tegangan pada penimbunan tahap 2 untuk tegangan pada kedalaman tanah 1 m adalah sebagai berikut:

$$\sigma_2' = \sigma_1' + \Delta P_2$$

$$\sigma_2' = 12,35 \text{ kN/m}^2 + 9 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2' = 21,35 \text{ kN/m}^2$$

Untuk hasil penambahan tegangan akibat penimbunan tahap 2 pada kedalaman tanah selanjutnya disajikan dalam tabel 7.2.

**Tabel 7. 2** Penambahan Tegangan untuk Derajat Konsolidasi 100 %

Derajat Konsolidasi 100 %							
Tegangan	Po kN/m <sup>2</sup>	σ <sub>1</sub> kN/m <sup>2</sup>	σ <sub>2</sub> kN/m <sup>2</sup>	σ <sub>3</sub> kN/m <sup>2</sup>	σ <sub>4</sub> kN/m <sup>2</sup>	σ <sub>5</sub> kN/m <sup>2</sup>	σ <sub>6</sub> kN/m <sup>2</sup>
Kedalaman (m)	H = 0 m	H = 0,5 m	H = 1 m	H = 1,5 m	H = 2 m	H = 2,5 m	H = 3 m
1	3.350	12.350	21.350	30.350	39.350	48.350	57.350
2	10.050	19.050	28.050	37.050	46.050	55.050	64.050
3	16.750	25.750	34.750	43.750	52.750	61.750	70.750
4	23.450	32.450	41.450	50.450	59.450	68.450	77.450
5	30.150	39.150	48.150	57.150	66.150	75.150	84.150
6	36.850	45.850	54.850	63.850	72.850	81.850	90.850
7	43.550	52.550	61.550	70.550	79.550	88.550	97.550
8	50.250	59.250	68.250	77.250	86.250	95.250	104.250
9	56.950	65.950	74.950	83.950	92.950	101.950	110.950
10	63.650	72.650	81.650	90.650	99.650	108.650	117.650
11	70.350	79.350	88.350	97.350	106.350	115.350	124.350
12	77.050	86.050	95.050	104.050	113.050	122.050	131.050
13	83.750	92.750	101.750	110.750	119.750	128.750	137.750
14	90.450	99.450	108.450	117.450	126.450	135.450	144.450
15	97.150	106.150	115.150	124.150	133.150	142.150	151.150
16	103.850	112.850	121.850	130.850	139.850	148.850	157.850
17	110.550	119.550	128.550	137.550	146.550	155.550	164.550
18	117.250	126.250	135.250	144.250	153.250	162.250	171.250
19	123.950	132.950	141.950	150.950	159.950	168.950	177.950
20	130.650	139.650	148.650	157.650	166.650	175.650	184.650
21	137.350	146.350	155.350	164.350	173.350	182.350	191.350
22	144.050	153.050	162.050	171.050	180.050	189.050	198.050
23	150.750	159.750	168.750	177.750	186.750	195.750	204.750
24	157.450	166.450	175.450	184.450	193.450	202.450	211.450
25	164.150	173.150	182.150	191.150	200.150	209.150	218.150
26	170.850	179.850	188.850	197.850	206.850	215.850	224.850
27	177.550	186.550	195.550	204.550	213.550	222.550	231.550

Setelah mendapatkan nilai penambahan tegangan akibat beban bertahap dengan  $U = 100\%$ , maka untuk mendapatkan nilai  $C_u$  baru harus menghitung penambahan tegangan efektif akibat beban timbunan apabila  $U < 100\%$ . Untuk perhitungan tegangan efektif  $U < 100\%$  menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\Delta p_1 = \left\{ \left( \frac{\sigma_1'}{P_o} \right)^{U \text{ 6 minggu}} \times P_o \right\} - P_o$$

$$\Delta p2 = \left\{ \left( \frac{\sigma_2'}{\sigma_1'} \right)^{U \text{ 5 minggu}} \times \sigma_1' \right\} - \sigma_1'$$

Dimana nilai U mengacu pada jenis pola pemasangan dan jarak pemasangan PVD yang digunakan, hasil dari nilai U tersaji pada tabel 6.3 karena pada proyek akhir terapan ini menggunakan pola pemasangan segitiga dan jarak pemasangan antar PVD adalah 1 m. Sehingga penambahan tegangan dengan  $U < 100 \%$  untuk tahap 1 pada kedalaman tanah 1 m adalah sebagai berikut:

$$\Delta p1 = \left\{ \left( \frac{12,35 \text{ kN/m}^2}{3,35 \text{ kN/m}^2} \right)^{0,76468} \times 3,35 \text{ kN/m}^2 \right\} - 3,35 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta p1 = 5,735 \text{ kN/m}^2$$

Untuk tahap 2 pada kedalaman tanah 1 m

$$\Delta p2 = \left\{ \left( \frac{21,35 \text{ kN/m}^2}{12,35 \text{ kN/m}^2} \right)^{0,70102} \times 12,35 \text{ kN/m}^2 \right\} - 12,35 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta p2 = 5,777 \text{ kN/m}^2$$

Untuk hasil dari perhitungan penambahan tegangan pada tahapan selanjutnya tersaji pada tabel 7.3

**Tabel 7. 3** Penambahan Tegangan untuk Derajat Konsolidasi < 100 %

Perubahan Tegangan	Po kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_1$ kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_2$ kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_3$ kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_4$ kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_5$ kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_6$ kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_\Sigma$ kN/m <sup>2</sup>
Tinggi Penimbun	H = 0 m	H = 0,5 m	H = 1 m	H = 1,5 m	H = 2 m	H = 2,5 m	H = 3 m	
Umur Timbunan	-	6 minggu	5 minggu	4 minggu	3 minggu	2 minggu	1 minggu	
U (%)	100	76.468	70.102	62.007	51.706	38.585	21.834	
Kedalaman								
1	3.350	5.735	5.777	5.203	4.362	3.255	1.836	29.518
2	10.050	6.339	5.936	5.283	4.409	3.284	1.850	37.150
3	16.750	6.522	6.021	5.334	4.443	3.306	1.862	44.238
4	23.450	6.612	6.075	5.371	4.469	3.323	1.871	51.171
5	30.150	6.666	6.111	5.398	4.489	3.337	1.879	58.031
6	36.850	6.702	6.138	5.419	4.505	3.349	1.886	64.849
7	43.550	6.728	6.159	5.435	4.519	3.359	1.891	71.640
8	50.250	6.747	6.175	5.449	4.530	3.367	1.896	78.413
9	56.950	6.762	6.188	5.460	4.539	3.374	1.901	85.173
10	63.650	6.774	6.198	5.469	4.547	3.381	1.904	91.924
11	70.350	6.784	6.207	5.477	4.554	3.386	1.908	98.666
12	77.050	6.792	6.215	5.484	4.560	3.391	1.911	105.403
13	83.750	6.799	6.221	5.490	4.566	3.396	1.913	112.135
14	90.450	6.805	6.227	5.496	4.571	3.400	1.916	118.864
15	97.150	6.810	6.232	5.501	4.575	3.403	1.918	125.589
16	103.850	6.814	6.236	5.505	4.579	3.406	1.920	132.311
17	110.550	6.818	6.240	5.509	4.582	3.409	1.922	139.031
18	117.250	6.822	6.244	5.512	4.586	3.412	1.924	145.749
19	123.950	6.825	6.247	5.515	4.588	3.414	1.925	152.466
20	130.650	6.828	6.250	5.518	4.591	3.417	1.927	159.181
21	137.350	6.830	6.253	5.521	4.594	3.419	1.928	165.895
22	144.050	6.833	6.255	5.523	4.596	3.421	1.929	172.607
23	150.750	6.835	6.257	5.525	4.598	3.423	1.931	179.319
24	157.450	6.837	6.259	5.527	4.600	3.424	1.932	186.030
25	164.150	6.839	6.261	5.529	4.602	3.426	1.933	192.740
26	170.850	6.840	6.263	5.531	4.604	3.427	1.934	199.449
27	177.550	6.842	6.265	5.533	4.605	3.429	1.935	206.158

### 7.3 Kenaikan daya dukung tanah dasar dengan Cu yang baru

Berdasarkan hasil pada tabel 7.3, didapatkan kenaikan daya dukung tanah dasar dengan Cu yang baru. Menggunakan persamaan (2.21) dikarenakan PI yang tertera pada data laboratorium yang terlampir pada lampiran 10 < 120 %, sehingga kenaikan Cu pada setiap lapisan tanah di zona 1 sebagai berikut:

Kenaikan Cu pada 0 – 4 m dikarenakan memiliki PI yang sama yakni 31,6 %. Untuk perhitungan kenaikan Cu pada kedalaman 1 m.

$$Cu \text{ baru} = 0,0737 + [0,1899 - 0,0016 PI] \times \sum \sigma'_{1'}$$

$$Cu \text{ baru} = 0,0737 + [0,1899 - 0,0016 \times 31,6 / 100] \times 29,518 \text{ kN/m}^2$$

$$Cu \text{ baru } 1 \text{ m} = 5,664 \text{ kN/m}^2$$

Untuk hasil dari kenaikan Cu pada kedalaman tanah selanjutnya tersaji pada tabel 7.4

**Tabel 7. 4 Hasil Kenaikan Cu Baru**

Kedalaman (m)	PI	Cu lama	Cu baru	Cu baru pakai
		kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>
1	31.6	22.3	5.664	5.664
2	31.6	22.3	7.110	
3	31.6	22.3	8.452	
4	31.6	22.3	9.765	
5	24	5.2	11.071	11.071
6	24	5.2	12.364	
7	26.25	3.3	13.648	13.648
8	26.25	3.3	14.931	
9	29.28	6.4	16.208	16.208
10	29.28	6.4	17.487	
11	27.215	8.3	18.767	18.767
12	27.215	8.3	20.044	
13	27.215	8.3	21.319	
14	27.215	8.3	22.594	
15	21.47	4	23.880	23.880
16	21.47	4	25.154	
17	21.47	4	26.428	
18	21.47	4	27.701	
19	21.47	4	28.975	
20	21.47	4	30.247	
21	21.47	4	31.520	
22	21.47	4	32.793	
23	21.47	4	34.065	
24	21.47	4	35.337	
25	21.47	4	36.609	
26	21.47	4	37.881	
27	21.47	4	39.152	

#### 7.4 Penurunan Tanah Akibat Beban Timbunan Bertahap

Pada perhitungan penurunan akibat penimpunan bertahap menggunakan persamaan (2.18), (2.19), dan (2.20) sesuai dengan perubahan tegangan akibat setiap tahap timbunan. Berikut adalah contoh perhitungan penurunan akibat timbunan bertahap di STA 35 + 060 pada kedalaman 1 m. Dengan  $H$  inisial pada STA 35 + 060 adalah 2,736, sehingga penurunan akibat beban timbunan pada tahap 1 (50 cm) dengan derajat konsolidasi  $< 100\%$  adalah sebagai berikut:

$$\sigma_1 = 5,735 \text{ kN/m}^2$$

$$Po1 = 3,35 \text{ kN/m}^2$$

$$Pc' = 58,27 \text{ kN/m}^2$$

$$Po1 + \sigma_1 = 5,735 \text{ kN/m}^2 + 3,35 \text{ kN/m}^2$$

$$Po1 + \sigma_1 = 9,085 \text{ kN/m}^2 < Pc'$$

Sehingga persamaan yang digunakan adalah persamaan (2.18)

$$Sc1 = \left[ \frac{0,06005}{1+1,5} \log \left( \frac{3,35 \text{ kN/m}^2 + 5,735 \text{ kN/m}^2}{3,35 \text{ kN/m}^2} \right) \right] 1$$

$$Sc1 = 0,0104 \text{ m}$$

Berdasarkan pada gambar 5.2 kedalaman 16 m, tanah termasuk jenis tanah yang terkonsolidasi normal, sehingga persamaan yang digunakan adalah persamaan (2.20).

$$Sc16 = \left[ \frac{0,7}{1+1,5} \log \left( \frac{3,35 \text{ kN/m}^2 + 5,735 \text{ kN/m}^2}{3,35 \text{ kN/m}^2} \right) \right] 1$$

$$Sc16 = 0,077 \text{ m}$$

Untuk hasil penurunan setiap lapisan akibat timbunan tahap 1 selengkapny tersaji pada lampiran 19. Pada perhitungan penurunan akibat timbunan tahap 2 di STA 35 + 060 pada kedalaman 1 m. Adalah sebagai berikut:

$$\sigma_1 = 5,735 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
\sigma_2 &= 5,777 \text{ kN/m}^2 \\
Po1 &= 3,35 \text{ kN/m}^2 \\
Pc' &= 58,27 \text{ kN/m}^2 \\
Po1 + \sigma_1 + \sigma_2 &= (5,735 + 3,35 + 5,777) \text{ kN/m}^2 \\
Po1 + \sigma_1 + \sigma_2 &= 14,862 \text{ kN/m}^2 < Pc'
\end{aligned}$$

Sehingga persamaan yang digunakan adalah persamaan (2.18)

$$\begin{aligned}
Sc1 &= \left[ \frac{0,06005}{1+1,5} \log \left( \frac{(3,35 + 5,735 + 5,777) \text{ kN/m}^2}{(3,35 + 5,735) \text{ kN/m}^2} \right) \right] 1 \\
Sc1 &= 0,0051 \text{ m}
\end{aligned}$$

Pada kedalaman tanah 15 m

$$\begin{aligned}
\sigma_1 &= 6,810 \text{ kN/m}^2 \\
\sigma_2 &= 6,232 \text{ kN/m}^2 \\
Po1 &= 97,150 \text{ kN/m}^2 \\
Pc' &= 105,40 \text{ kN/m}^2 \\
Po1 + \sigma_1 + \sigma_2 &= (97,150 + 6,81 + 6,232) \text{ kN/m}^2 \\
Po1 + \sigma_1 + \sigma_2 &= 110,192 \text{ kN/m}^2 < Pc'
\end{aligned}$$

$$Sc = \frac{0,06005 \times 1}{1 + 1,5} \log \frac{105,40 \text{ kN/m}^2}{(97,150 + 6,810) \text{ kN/m}^2} + \frac{0,7 \times 1}{1 + 1,5} \log \left( \frac{110,192 \text{ kN/m}^2}{105,40 \text{ kN/m}^2} \right)$$

$$Sc = 0,0001 \text{ m}$$

Berdasarkan pada gambar 5.2 kedalaman 16 m, tanah termasuk jenis tanah yang terkonsolidasi normal, sehingga persamaan yang digunakan adalah persamaan (2.20).

$$\begin{aligned}
Sc16 &= \left[ \frac{0,7}{1+1,5} \log \left( \frac{110,192 \text{ kN/m}^2}{(97,150 + 6,810) \text{ kN/m}^2} \right) \right] 1 \\
Sc16 &= 0,0067 \text{ m}
\end{aligned}$$

Untuk perhitungan dari penurunan akibat beban timbunan bertahap selengkapnya terlampir pada lampiran 19, dan



rekapitulasi hasil penurunan akibat timbunan bertahap tersaji pada tabel 7.5.

**Tabel 7. 5** Rekapitulasi Penurunan Akibat Timbunan Bertahap

Rekapitulasi Penurunan akibat timbunan bertahap (m)	
Sc tahap 1	0.1055
Sc tahap 2	0.0848
Sc tahap 3	0.0688
Sc tahap 4	0.0538
Sc tahap 5	0.0383
Sc tahap 6	0.0237

Pemampatan yang terjadi akan sesuai dengan derajat konsolidasi yang dipengaruhi PVD. Besarnya pemampatan akibat penahanan digunakan untuk menghitung pemampatan yang terjadi per minggunya. Berikut adalah contoh perhitungan pemampatan di zona 1 dengan kedalaman PVD penuh pada minggu 1 dan minggu 2 :

- Minggu 1**

Sc = Sc total 1 (Sc kumulatif akibat tahap 1)  
= 0,1055 m

$U_1$  = 21,834 %

Sc minggu 1 =  $0,21834 \times 0,1055$  m  
= 0,023 m
- Minggu 2**

Sc = Sc total 1 + 2  
= 0,1903 m

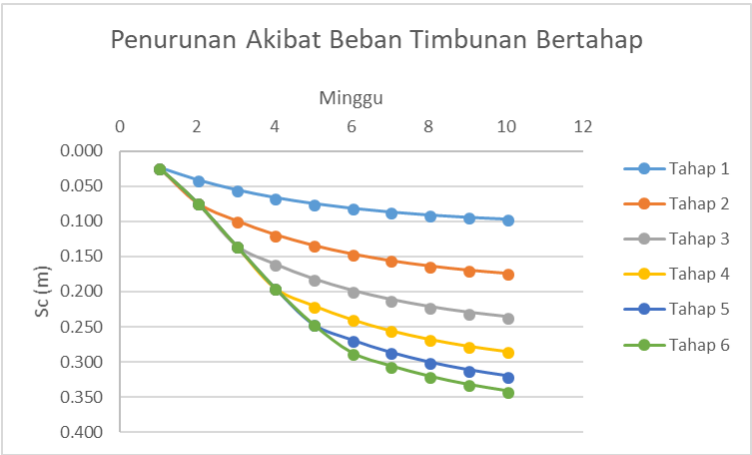
$U_2$  = 35,585 %

Sc minggu 2 =  $0,35584 \times 0,1903$  m  
= 0,073 m

Hasil dari perhitungan penurunan akibat beban timbunan bertahap tersaji pada tabel sebagai berikut:

**Tabel 7. 6** Hasil Penurunan Akibat Penimbunan Bertahap

Tahap Penimbunan	Sc	Sc kumulatif	Umur Timbunan									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			U %									
			21.834	38.585	51.706	62.007	70.102	76.468	81.476	85.416	88.517	90.958
1	0.1055	0.1055	0.023	0.041	0.055	0.065	0.074	0.081	0.086	0.090	0.093	0.096
2	0.0848	0.1903	0.023	0.073	0.098	0.118	0.133	0.146	0.155	0.163	0.168	0.173
3	0.0688	0.2591	0.023	0.073	0.134	0.161	0.182	0.198	0.211	0.221	0.229	0.236
4	0.0538	0.3129	0.023	0.073	0.134	0.194	0.219	0.239	0.255	0.267	0.277	0.285
5	0.0383	0.3512	0.023	0.073	0.134	0.194	0.246	0.269	0.286	0.300	0.311	0.319
6	0.0237	0.3749	0.023	0.073	0.134	0.194	0.246	0.287	0.305	0.320	0.332	0.341



**Grafik 7. 1** Penurunan akibat penimbunan bertahap

*“halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB VIII

### PERKUATAN TIMBUNAN MENGGUNAKAN *GEOTEKSTILE*

Berdasarkan penjelasan pada subbab 3.9 bahwa tinggi timbunan yang mencapai tinggi kritis mendapat perlakuan yakni, memberi perkuatan timbunan menggunakan geotekstile, apabila tidak ingin menggunakan perkuatan timbunan maka harus memperhatikan jadwal penimbunan secara bertahap, ketika penimbunan bertahap dilakukan secara terus menerus melampaui batas tinggi kritis maka harus dilakukan penundaan penimbunan hingga mencapai kenaikan daya dukung tanah yang membuat tinggi timbunan menjadi aman. Berikut adalah langkah – langkah menghitung perkuatan timbunan menggunakan geotekstile.

**Tabel 8. 1** Rekapitulasi Angka Keamanan Akibat Tinggi Timbunan sebelum PVD

REKAPITULASI SAFETY FACTOR (LAMA)			
ZONA 1 (27 m)	TIMBUNAN	SF	KETERANGAN
	1	4.453	AMAN
	1.5	3.615	AMAN
	2	1.536	AMAN
	2.5	1.883	AMAN
	3	1.529	AMAN
	3.5	1.087	TIDAK AMAN
	4	1.071	TIDAK AMAN
ZONA 2 (10 m)	TIMBUNAN	SF	KETERANGAN
	1	2.614	AMAN
	1.5	2.037	AMAN
	2	1.498	AMAN
	2.5	1.176	TIDAK AMAN
	3	1.102	TIDAK AMAN
	3.5	1.015	TIDAK AMAN
	4	0.827	TIDAK AMAN

Setelah dilakukannya perbaikan tanah dasar menggunakan PVD dan melalui perhitungan kenaikan daya dukung tanah dasar, mengakibatkan terjadinya perubahan angka keamanan pada timbunan. Berikut merupakan perubahan angka keamanan yang tersaji pada tabel 8.2.

**Tabel 8. 2** Rekapitulasi Angka Keamanan Akibat Timbunan setelah Diberi PVD

REKAPITULASI SAFETY FACTOR (BARU)			
ZONA 1 (27 m)	TIMBUNAN	SF	KETERANGAN
	1	1.946	AMAN
	1.5	1.49	AMAN
	2	1.392	AMAN
	2.5	1.214	AMAN
	3	1.16	TIDAK AMAN
	3.5	1.020	TIDAK AMAN
	4	0.923	TIDAK AMAN
ZONA 2 (10 m)	TIMBUNAN	SF	KETERANGAN
	1	5.198	AMAN
	1.5	3.186	AMAN
	2	2.122	AMAN
	2.5	1.547	AMAN
	3	1.317	AMAN
	3.5	1.324	AMAN
	4	0.908	TIDAK AMAN

Berdasarkan dari hasil pada tabel 8.2, pada zona 1 angka keamanan menunjukkan tidak aman pada tinggi timbunan 3 – 4 m. Pada zona 1 STA 35 + 328 melakukan penimbunan dengan ketinggian 2 m – 3 m, dan pada zona 2 melakukan penimbunan dengan ketinggian > 3,5 m pada STA 37 + 340. Oleh karena itu

pada tinggi timbunan yang tidak aman tersebut harus di beri perkuatan timbunan agar dapat dilakukan penimbunan bertahap secara terus menerus tanpa penundaan penimbunan.

Perhitungan perkuatan timbunan dengan geotekstil menggunakan persamaan (2.32) s.d (2.36)

**Tabel 8. 3** Hasil Output Slide Mass dari Program Bantu Geoslope dengan Tinggi Timbunan 4 m Zona 2

Parameter	
Method	Bishop
Factor of Safety	0.908
Total Volume	13.116 m <sup>3</sup>
Total Weight	236.08 kN
Total Resisting Moment	1,289.7 kN-m
Total Activating Moment	1,420.3 kN-m
Total Resisting Force	
Total Activating Force	

**Tabel 8. 4** Hasil Output Slide Mass dari Program Bantu Geoslope dengan Tinggi Timbunan 3 m Zona 1

Parameter	
Method	Bishop
Factor of Safety	1.116
Total Volume	9.4221 m <sup>3</sup>
Total Weight	169.58 kN
Total Resisting Moment	831.61 kN-m
Total Activating Moment	745.31 kN-m
Total Resisting Force	
Total Activating Force	

Perhitungan geotekstile dengan tinggi timbunan 3,92 m pada zona 2 berdasarkan data spesifikasi geotekstil yang tertera pada subbab 4.3.2

$$\Delta MR = (MD \times SF) - MR$$

$$\Delta MR = (1.420,3 \text{ kNm} \times 1,2) - 1.289,7 \text{ kNm}$$

$$\Delta MR = 414,75 \text{ kNm}$$

Untuk menghitung besarnya kekuatan Geotextile yang diizinkan digunakan persamaan (2.33).

$$T_{allow} = \frac{52 \text{ kNm}}{1,5 \times 3 \times 1,25 \times 1,15}$$

$$T_{allow} = \frac{52 \text{ kNm}}{6,46875}$$

$$T_{allow} = 8,039 \text{ kNm}$$

Dengan data timbunan:

- $H_i = 3,92 \text{ m}$
- $\gamma_{timb} = 18 \text{ kN/m}^3$
- $\sigma_v = \gamma_{timb} \times H_i$
- $\sigma_v = 18 \text{ kN/m}^3 \times 3,92 \text{ m}$
- $\sigma_v = 70,56 \text{ kN/m}^2$
- $C_u = 0$
- $\phi_{timb} = 30^\circ$
- $\tau_1 = C_u + (\sigma_v \times \tan \phi)$
- $\tau_1 = 0 + (70,56 \text{ kN/m}^2 \times \tan 30^\circ)$
- $\tau_1 = 40,738 \text{ kN/m}^2$

Data lapisan tanah dasar:

- $\gamma = 16,8 \text{ kN/m}^3$

- $Cu = 17,176 \text{ kN/m}^2$
- $\phi = 11,35^\circ$
- $\tau_2 = Cu + (\sigma_v \times \tan \phi)$   
 $\tau_2 = 17,176 \text{ kN/m}^2 + (70,56 \text{ kN/m}^2 \times \tan 11,35^\circ)$   
 $\tau_2 = 31,340 \text{ kN/m}^2$

Panjang geotekstile dibelakang bidang longsor

$$L_e = \frac{8,039 \text{ kNm} \times 1,2}{(40,738 \text{ kN/m}^2 + 31,340 \text{ kN/m}^2) \times 0,8}$$

$$L_e = 0,167 \text{ m}$$

Menghitung kebutuhan geotekstile dapat digunakan dengan rumus sebagai berikut:

$$M_{\text{geotekstile}} = T_{\text{allow}} \times Ti$$

Dimana:

$T_{\text{allow}}$  = Kekuatan geotekstile yang tersedia

$Ti$  =  $Y_0$  (koordinat  $Y_{\text{center}}$  *geoslope*) –  $Yz$  (koordinat  $Y$  tepi dasar timbunan)

$$M_{\text{geotekstile}} = 8,039 \text{ kNm} \times (48,493 - 33) \text{ meter}$$

$$M_{\text{geotekstile}} = 124,543 \text{ kNm}$$

Berikut adalah tabel hasil perhitungan momen penahan serta panjang  $L_e$ .



**Tabel 8. 5** Hasil Perhitungan Momen Penahan oleh Geotekstle dan Panjang Geotekstile di Belakang Bidang Longsor

Jumlah (n)	Hi (m)	Ti (m)	( $\tau_1$ ) kN/m <sup>2</sup>	( $\tau_2$ ) kN/m <sup>2</sup>	Mgeotekstile kNm	$\Sigma$ Mgeotekstile kNm	Le (m)
1	3.92	15.49	40.74	31.34	124.54	124.54	0.167
2	3.67	15.24	38.14	38.14	122.53	247.08	0.158
3	3.42	14.99	35.54	35.54	120.52	367.60	0.170
4	3.17	14.74	32.94	32.94	118.51	486.11	0.183

Jumlah geotekstil = 4 lapis untuk mendapatkan hasil:

$$\Sigma \text{Momen} > \Delta M_R$$

$$486,11 \text{ kNm} > 414,75 \text{ kNm}$$

Menghitung Panjang Geotekstile di depan bidang longsor ( $L_D$ ), dengan menggunakan persamaan (2.35), maka hasil dari perhitungan panjang geotekstile di depan bidang longsor tersaji pada tabel 8.6 sebagai berikut:

**Tabel 8. 6** Hasil Perhitungan Panjang Geotekstile didepan Bidang Longsor

Jumlah (n)	Hi (m)	Koordinat Pakai		Koordinat X tepi timbunan	Ld
		X	Y		
1	3.92	23.25	33.00	24.00	0.75
2	3.67	21.05	33.25	23.50	2.45
3	3.42	19.91	33.50	22.98	3.07
4	3.17	19.10	33.74	22.49	3.39

Sehingga didapatkan Panjang geotekstil total selebar timbunan sebagai berikut:

**Tabel 8. 7** Hasil Panjang Total Geotekstile

Jumlah (n)	Le	Ld	L total (m)	L lebar timbunan (m)
1	0.167	0.75	0.917	1.835
2	0.158	2.45	2.610	5.220
3	0.170	3.07	3.238	6.475
4	0.183	3.39	3.569	7.138

Perhitungan geotekstile dengan tinggi timbunan 2,736 m pada zona 1 berdasarkan data spesifikasi geotekstile yang tertera pada subbab 4.3.2

$$\Delta MR = (MD \times SF) - MR$$

$$\Delta MR = (745,31 \text{ kNm} \times 1,2) - 831,61 \text{ kNm}$$

$$\Delta MR = 62,59 \text{ kNm}$$

Untuk menghitung besarnya kekuatan Geotextile yang diizinkan digunakan persamaan (2.33).

$$T_{allow} = \frac{52 \text{ kNm}}{1,5 \times 3 \times 1,25 \times 1,15}$$

$$T_{allow} = \frac{52 \text{ kNm}}{6,46875}$$

$$T_{allow} = 8,039 \text{ kNm}$$

Dengan data timbunan:

- $H_i = 2,736 \text{ m}$
- $\gamma_{timb} = 18 \text{ kN/m}^3$
- $\sigma_v = \gamma_{timb} \times H_i$
- $\sigma_v = 18 \text{ kN/m}^3 \times 2,726 \text{ m}$
- $\sigma_v = 49,248 \text{ kN/m}^2$
- $C_u = 0$
- $\phi_{timb} = 30^\circ$
- $\tau_1 = C_u + (\sigma_v \times \tan \phi)$   
 $\tau_1 = 0 + (49,248 \text{ kN/m}^2 \times \tan 30^\circ)$   
 $\tau_1 = 28,433 \text{ kN/m}^2$

Data lapisan tanah dasar:

- $\gamma = 16,7 \text{ kN/m}^3$

- $Cu = 11,648 \text{ kN/m}^2$
- $\phi = 12,36^\circ$
- $\tau_2 = Cu + (\sigma_v \times \tan \phi)$   
 $\tau_2 = 11,648 \text{ kN/m}^2 + (49,248 \text{ kN/m}^2 \times \tan 12,36^\circ)$   
 $\tau_2 = 22,440 \text{ kN/m}^2$

Panjang geotekstile dibelakang bidang longsor

$$L_e = \frac{8,039 \text{ kNm} \times 1,2}{(28,433 \text{ kN/m}^2 + 22,440 \text{ kN/m}^2) \times 0,8}$$

$$L_e = 0,237 \text{ m}$$

Menghitung kebutuhan geotekstile dapat digunakan dengan rumus sebagai berikut:

$$M_{\text{geotekstile}} = T_{\text{allow}} \times Ti$$

Dimana:

$T_{\text{allow}}$  = Kekuatan geotekstile yang tersedia

$Ti$  =  $Y_0$  (koordinat  $Y_{\text{center}}$  *geoslope*) –  $Yz$  (koordinat  $Y$  tepi dasar timbunan)

$$M_{\text{geotekstile}} = 8,039 \text{ kNm} \times (45,118 - 33) \text{ meter}$$

$$M_{\text{geotekstile}} = 97,412 \text{ kNm}$$

Berikut adalah tabel hasil perhitungan momen penahan serta panjang  $L_e$ .

**Tabel 8. 8** Hasil Perhitungan Momen Penahan oleh Geotekstile dan Panjang Geotekstile di Belakang Bidang Longsor

Jumlah (n)	Hi (m)	Ti (m)	( $\tau_1$ ) kN/m <sup>2</sup>	( $\tau_2$ ) kN/m <sup>2</sup>	Mgeotekstile kNm	$\Sigma M_{\text{geotekstile}}$ kNm	Le (m)
1	2.736	12.12	28.43	22.44	97.41	97.41	0.237

Jumlah geotekstil = 1 lapis untuk mendapatkan hasil:

$$\Sigma \text{Momen} > \Delta M_R$$

$$97,11 \text{ kNm} > 62,59 \text{ kNm}$$

Menghitung Panjang Geotekstile di depan bidang longsor ( $L_D$ ), dengan menggunakan persamaan (2.35), maka hasil dari perhitungan panjang geotekstile di depan bidang longsor tersaji pada tabel 8.9 sebagai berikut:

**Tabel 8. 9** Hasil Perhitungan Panjang Geotekstile didepan Bidang Longsor

Jumlah (n)	Hi (m)	Koordinat Pakai		Koordinat X tepi timbunan	Ld
		X	Y		
1	2.736	20.61	33.00	22.00	1.39

Sehingga didapatkan panjang total selebar timbunan sebagai berikut:

**Tabel 8. 10** Hasil Panjang Total Geotekstile

Jumlah (n)	Le	Ld	L total (m)	L lebar timbunan (m)
1	0.237	1.39	1.631	3.262

*“halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB IX**

### **PERHITUNGAN BIAYA MATERIAL**

#### **9.1 Perhitungan Biaya Material**

Berikut merupakan contoh perhitungan biaya material pada zona 1 dan zona 2:

- **Biaya Perbaikan Tanah**

Pada proyek akhir terapan ini STA yang menggunakan PVD adalah STA 35 + 328 s.d STA 37 + 340. Material yang digunakan untuk perbaikan tanah dasar adalah menggunakan *Prefabricated Vertical Drained* (PVD) dari PT. Teknindo Geosistem Unggul, dengan harga satuan sebagai berikut:

Harga satuan PVD : Rp 3.500,00/m'

#### **Perhitungan PVD Penuh pada STA 35+328 s.d STA 35+364 (tikungan)**

Berdasarkan gambar geometri timbunan di autocad, STA tersebut memiliki data sebagai berikut:

STA 35+328

Tinggi timbunan = 1,145 m

Sisi atas timbunan = 34,1 m

Lebar sisi bawah timbunan = 36,37 m

STA 35+364

Tinggi timbunan = 1,433 m

Sisi atas timbunan = 34,1 m

Lebar sisi bawah timbunan = 37,35 m

Lebar sisi bawah rata – rata = 36,86 m

PVD segitiga 1,5 m = 36,86 m : 1,5 m

= 24,57 titik

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak memanjang antar PVD} &= 0,5 \times 1,5 \text{ m} \times \sqrt{3} \\
 &= 1,299 \text{ m} \\
 \text{Panjang PVD setiap 50 m} &= 24,57 \times \frac{50 \text{ m}}{1,299 \text{ m}} \times 27 \text{ m} \\
 &= 25.538,11 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sehingga Panjang total PVD STA 35+328 s.d STA 35+364 adalah sebagai berikut:

$$\frac{25.538,11 \text{ m} \times 36 \text{ m}}{50 \text{ m}} = 18.387,44 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dan memiliki harga} &= 18.387,44 \text{ m} \times \text{Rp } 3.500,00 \\
 &= \text{Rp } 64.356.027,71
 \end{aligned}$$

### **Perhitungan PVD Penuh pada STA 35+364 s.d STA 35+400 (tikungan)**

Berdasarkan gambar geometri timbunan di autocad, STA tersebut memiliki data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &\text{STA 35+364} \\
 \text{Tinggi timbunan} &= 1,433 \text{ m} \\
 \text{Sisi atas timbunan} &= 34,1 \text{ m} \\
 \text{Lebar sisi bawah timbunan} &= 37,35 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{STA 35+400} \\
 \text{Tinggi timbunan} &= 1,795 \text{ m} \\
 \text{Sisi atas timbunan} &= 34,1 \text{ m} \\
 \text{Lebar sisi bawah timbunan} &= 38,88 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar sisi bawah rata – rata} &= 38,12 \text{ m} \\
 \text{PVD segitiga 1,5 m} &= 38,12 \text{ m} : 1,5 \text{ m} \\
 &= 25,41 \text{ titik} \\
 \text{Jarak memanjang antar PVD} &= 0,5 \times 1,5 \text{ m} \times \sqrt{3} \\
 &= 1,299 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang PVD setiap } 50 \text{ m} &= 25,41 \times \frac{50 \text{ m}}{1,299 \text{ m}} \times 27 \text{ m} \\ &= 26.407,62 \text{ m}\end{aligned}$$

Sehingga Panjang total PVD STA 35+364 s.d STA 35+400 adalah sebagai berikut:

$$\frac{26.407,62 \text{ m} \times 36 \text{ m}}{50 \text{ m}} = 19.013,49 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Dan memiliki harga} &= 19.013,49 \text{ m} \times \text{Rp } 3.500,00 \\ &= \text{Rp } 66.547.205,54\end{aligned}$$

### **Perhitungan PVD Penuh pada STA 35+400 s.d STA 35+436 (tikungan)**

Berdasarkan gambar geometri timbunan di autocad, STA tersebut memiliki data sebagai berikut:

STA 35+400

$$\begin{aligned}\text{Tinggi timbunan} &= 1,795 \text{ m} \\ \text{Sisi atas timbunan} &= 34,1 \text{ m} \\ \text{Lebar sisi bawah timbunan} &= 38,88 \text{ m}\end{aligned}$$

STA 35+436

$$\begin{aligned}\text{Tinggi timbunan} &= 2,193 \text{ m} \\ \text{Sisi atas timbunan} &= 34,1 \text{ m} \\ \text{Lebar sisi bawah timbunan} &= 40,47 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Lebar sisi bawah rata – rata} &= 39,675 \text{ m} \\ \text{PVD segitiga } 1,5 \text{ m} &= 39,675 \text{ m} : 1,5 \text{ m} \\ &= 26,45 \text{ titik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak memanjang antar PVD} &= 0,5 \times 1,5 \text{ m} \times \sqrt{3} \\ &= 1,299 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang PVD setiap } 50 \text{ m} &= 26,45 \times \frac{50 \text{ m}}{1,299 \text{ m}} \times 27 \text{ m} \\ &= 27.488,45 \text{ m}\end{aligned}$$



Sehingga Panjang total PVD STA 35+400 s.d STA 35+436 adalah sebagai berikut:

$$\frac{27.488,45 \text{ m} \times 36 \text{ m}}{50 \text{ m}} = 19.791,69 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Dan memiliki harga} &= 19.791,69 \text{ m} \times \text{Rp } 3.500,00 \\ &= \text{Rp } 69.270.900,69 \end{aligned}$$

### **Perhitungan PVD Penuh pada STA 35+436 s.d STA 35+472 (tikungan)**

Berdasarkan gambar geometri timbunan di autocad, STA tersebut memiliki data sebagai berikut:

STA 35+436

$$\text{Tinggi timbunan} = 2,193 \text{ m}$$

$$\text{Sisi atas timbunan} = 34,1 \text{ m}$$

$$\text{Lebar sisi bawah timbunan} = 40,47 \text{ m}$$

STA 35+472

$$\text{Tinggi timbunan} = 2,138 \text{ m}$$

$$\text{Sisi atas timbunan} = 34,1 \text{ m}$$

$$\text{Lebar sisi bawah timbunan} = 40,25 \text{ m}$$

$$\text{Lebar sisi bawah rata – rata} = 40,36 \text{ m}$$

$$\text{PVD segitiga } 1,5 \text{ m} = 40,36 \text{ m} : 1,5 \text{ m}$$

$$= 26,91 \text{ titik}$$

$$\text{Jarak memanjang antar PVD} = 0,5 \times 1,5 \text{ m} \times \sqrt{3}$$

$$= 1,299 \text{ m}$$

$$\text{Panjang PVD setiap } 50 \text{ m} = 26,91 \times \frac{50 \text{ m}}{1,299 \text{ m}} \times 27 \text{ m}$$

$$= 27.963,05 \text{ m}$$

Sehingga Panjang total PVD STA 35+436 s.d STA 35+472 adalah sebagai berikut:

$$\frac{27.963,05 \text{ m} \times 36 \text{ m}}{50 \text{ m}} = 20.133,39 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Dan memiliki harga} &= 20.133,39 \text{ m} \times \text{Rp } 3.500,00 \\ &= \text{Rp } 70.466.882,22 \end{aligned}$$

### **Perhitungan PVD Penuh pada STA 35+472 s.d STA 35+508 (tikungan)**

Berdasarkan gambar geometri timbunan di autocad, STA tersebut memiliki data sebagai berikut:

STA 35+472

Tinggi timbunan	= 2,138 m
Sisi atas timbunan	= 34,1 m
Lebar sisi bawah timbunan	= 40,25 m

STA 35+508

Tinggi timbunan	= 2,254 m
Sisi atas timbunan	= 34,1 m
Lebar sisi bawah timbunan	= 40,72 m

Lebar sisi bawah rata – rata	= 40,49 m
PVD segitiga 1,5 m	= 40,49 m : 1,5 m
	= 26,99 titik

$$\begin{aligned} \text{Jarak memanjang antar PVD} &= 0,5 \times 1,5 \text{ m} \times \sqrt{3} \\ &= 1,299 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang PVD setiap 50 m} &= 26,99 \times \frac{50 \text{ m}}{1,299 \text{ m}} \times 27 \text{ m} \\ &= 28.049,65 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga Panjang total PVD STA 35+472 s.d STA 35+508 adalah sebagai berikut:

$$\frac{28.049,65 \text{ m} \times 36 \text{ m}}{50 \text{ m}} = 20.195,75 \text{ m}$$

Dan memiliki harga =  $20.195,75 \text{ m} \times \text{Rp } 3.500,00$   
 = Rp 70.685.127,02

**Perhitungan PVD Penuh pada STA 35+508 s.d STA 35+544 (tikungan)**

Berdasarkan gambar geometri timbunan di autocad, STA tersebut memiliki data sebagai berikut:

STA 35+508

Tinggi timbunan = 2,254 m

Sisi atas timbunan = 34,1 m

Lebar sisi bawah timbunan = 40,72 m

STA 35+544

Tinggi timbunan = 2,45 m

Sisi atas timbunan = 34,1 m

Lebar sisi bawah timbunan = 41,5 m

Lebar sisi bawah rata – rata = 41,11 m

PVD segitiga 1,5 m = 41,11 m : 1,5 m

= 27,41 titik

Jarak memanjang antar PVD =  $0,5 \times 1,5 \text{ m} \times \sqrt{3}$

= 1,299 m

Panjang PVD setiap 50 m =  $27,41 \times \frac{50 \text{ m}}{1,299 \text{ m}} \times 27 \text{ m}$

= 28.482,68 m

Sehingga Panjang total PVD STA 35+508 s.d STA 35+544 adalah sebagai berikut:

$$\frac{28.482,68 \text{ m} \times 36 \text{ m}}{50 \text{ m}} = 20.507,53 \text{ m}$$

Dan memiliki harga =  $20.507,53 \text{ m} \times \text{Rp } 3.500,00$   
 = Rp 71.776.351,04

### Perhitungan PVD Penuh pada STA 35+544 s.d STA 35+580 (tikungan)

Berdasarkan gambar geometri timbunan di autocad, STA tersebut memiliki data sebagai berikut:

STA 35+544

Tinggi timbunan = 2,45 m

Sisi atas timbunan = 34,1 m

Lebar sisi bawah timbunan = 41,5 m

STA 35+580

Tinggi timbunan = 2,45 m

Sisi atas timbunan = 34,1 m

Lebar sisi bawah timbunan = 41,5 m

Lebar sisi bawah rata – rata = 41,5 m

PVD segitiga 1,5 m = 41,5 m : 1,5 m

= 27,67 titik

Jarak memanjang antar PVD =  $0,5 \times 1,5 \text{ m} \times \sqrt{3}$

= 1,299 m

Panjang PVD setiap 50 m =  $27,67 \times \frac{50 \text{ m}}{1,299 \text{ m}} \times 27 \text{ m}$

= 28.752,89 m

Sehingga Panjang total PVD STA 35+508 s.d STA 35+544 adalah sebagai berikut:

$$\frac{28.752,89 \text{ m} \times 36 \text{ m}}{50 \text{ m}} = 20.702,08 \text{ m}$$

Dan memiliki harga = 20.702,08 m x Rp 3.500,00  
= Rp 72.457.274,83

### Perhitungan PVD Penuh pada STA 35+580 s.d STA 36+070 (tikungan)

Berdasarkan gambar geometri timbunan di autocad, STA tersebut memiliki data sebagai berikut:

Tinggi timbunan	= 2,45 m
Sisi atas timbunan	= 34,1 m
Lebar sisi bawah timbunan	= 41,5 m
PVD segitiga 1,5 m	= 41,5 m : 1,5 m = 27,7 titik
Jarak memanjang antar PVD	= $0,5 \times 1,5 \text{ m} \times \sqrt{3}$ = 1,299 m
Panjang PVD setiap 50 m	= $27,7 \times \frac{50 \text{ m}}{1,299 \text{ m}} \times 27 \text{ m}$ = 28.572,88 m

Sehingga Panjang total PVD STA 35+580 s.d STA 36+070 adalah sebagai berikut:

$$\frac{28.572,88 \text{ m} \times 490 \text{ m}}{50 \text{ m}} = 281.778,3 \text{ m}$$

Dan memiliki harga = 281.778,3 m x Rp 3.500,00  
= Rp 986.224.018,48

### Perhitungan PVD Penuh pada STA 36+070 s.d STA 36+630

Berdasarkan gambar geometri timbunan di autocad, STA tersebut memiliki data sebagai berikut:

Tinggi timbunan	= 2,45 m
Sisi atas timbunan	= 34,1 m
Lebar sisi bawah timbunan	= 43,9 m
PVD segitiga 1,5 m	= 43,9 m : 1,5 m = 29,3 titik

$$\begin{aligned}\text{Jarak memanjang antar PVD} &= 0,5 \times 1,5 \text{ m} \times \sqrt{3} \\ &= 1,299 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang PVD setiap 50 m} &= 29,3 \times \frac{50 \text{ m}}{1,299 \text{ m}} \times 27 \text{ m} \\ &= 30.415,70 \text{ m}\end{aligned}$$

Sehingga Panjang total PVD STA 36+070 s.d STA 36+630 adalah sebagai berikut:

$$\frac{30.415,70 \text{ m} \times 560 \text{ m}}{50 \text{ m}} = 340.655,89 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Dan memiliki harga} &= 340.655,89 \text{ m} \times \text{Rp } 3.500,00 \\ &= \text{Rp } 1.192.295.612,01\end{aligned}$$

### **Perhitungan PVD Penuh pada STA 36+630 s.d STA 37+015**

Berdasarkan gambar geometri timbunan di autocad, STA tersebut memiliki data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Tinggi timbunan} &= 2,45 \text{ m} \\ \text{Sisi atas timbunan} &= 34,1 \text{ m} \\ \text{Lebar sisi bawah timbunan} &= 43,9 \text{ m} \\ \text{PVD segitiga 1,5 m} &= 43,9 \text{ m} : 1,5 \text{ m} \\ &= 29,3 \text{ titik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak memanjang antar PVD} &= 0,5 \times 1,5 \text{ m} \times \sqrt{3} \\ &= 1,299 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang PVD setiap 50 m} &= 29,3 \times \frac{50 \text{ m}}{1,299 \text{ m}} \times 10 \text{ m} \\ &= 11.265,07 \text{ m}\end{aligned}$$

Sehingga Panjang total PVD STA 36+630 s.d STA 37+015 adalah sebagai berikut:

$$\frac{11.265,07 \text{ m} \times 385 \text{ m}}{50 \text{ m}} = 86.741,08 \text{ m}$$

Dan memiliki harga =  $86.741,08 \text{ m} \times \text{Rp } 3.500,00$   
 = Rp 303.593.790,09

### **Perhitungan PVD Penuh pada STA 37+015 s.d STA 37+186**

Berdasarkan gambar geometri timbunan di autocad, STA tersebut memiliki data sebagai berikut:

Tinggi timbunan	= 2,4 m
Sisi atas timbunan	= 34,1 m
Lebar sisi bawah timbunan	= 43,7 m
PVD segitiga 1,5 m	= 43,7 m : 1,5 m
	= 29,13 titik
Jarak memanjang antar PVD	= $0,5 \times 1,5 \text{ m} \times \sqrt{3}$
	= 1,299 m
Panjang PVD setiap 50 m	= $29,13 \times \frac{50 \text{ m}}{1,299 \text{ m}} \times 10 \text{ m}$
	= 11.213,75 m

Sehingga Panjang total PVD STA 37+015 s.d STA 37+186 adalah sebagai berikut:

$$\frac{11.213,75 \text{ m} \times 171 \text{ m}}{50 \text{ m}} = 38.351,04 \text{ m}$$

Dan memiliki harga =  $38.351,04 \text{ m} \times \text{Rp } 3.500,00$   
 = Rp 134.228.637,41

### **Perhitungan PVD Penuh pada STA 37+186 s.d STA 37+225**

Berdasarkan gambar geometri timbunan di autocad, STA tersebut memiliki data sebagai berikut:

STA 37+186	
Tinggi timbunan	= 2,4 m
Sisi atas timbunan	= 34,1 m

Lebar sisi bawah timbunan = 43,7 m

STA 37+225

Tinggi timbunan = 2,8 m

Sisi atas timbunan = 34,1 m

Lebar sisi bawah timbunan = 45,3 m

Lebar sisi bawah rata – rata = 44,5

PVD segitiga 1,5 m = 44,5 m : 1,5 m

= 29,7 titik

Jarak memanjang antar PVD =  $0,5 \times 1,5 \text{ m} \times \sqrt{3}$

= 1,299 m

Panjang PVD setiap 50 m =  $29,7 \times \frac{50 \text{ m}}{1,299 \text{ m}} \times 10 \text{ m}$

= 11.419,04 m

Sehingga Panjang total PVD STA 37+186 s.d STA 37+225 adalah sebagai berikut:

$$\frac{11.419,04 \text{ m} \times 39 \text{ m}}{50 \text{ m}} = 8.906,85 \text{ m}$$

Dan memiliki harga = 8.906,85 m x Rp 3.500,00

= Rp 31.173.979,98

### **Perhitungan PVD Penuh pada STA 37+225 s.d STA 37+264**

Berdasarkan gambar geometri timbunan di autocad, STA tersebut memiliki data sebagai berikut:

STA 37+225

Tinggi timbunan = 2,8 m

Sisi atas timbunan = 34,1 m

Lebar sisi bawah timbunan = 45,3 m

STA 37+264



Tinggi timbunan	= 3,3 m
Sisi atas timbunan	= 34,1 m
Lebar sisi bawah timbunan	= 47,3 m
Lebar sisi bawah rata – rata	= 46,3
PVD segitiga 1,5 m	= 46,3 m : 1,5 m = 30,87 titik
Jarak memanjang antar PVD	= $0,5 \times 1,5 \text{ m} \times \sqrt{3}$ = 1,299 m
Panjang PVD setiap 50 m	= $30,87 \times \frac{50 \text{ m}}{1,299 \text{ m}} \times 10 \text{ m}$ = 11.880,93 m

Sehingga Panjang total PVD STA 37+225 s.d STA 37+264 adalah sebagai berikut:

$$\frac{11.880,93 \text{ m} \times 39 \text{ m}}{50 \text{ m}} = 9.267,13 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Dan memiliki harga} &= 9.267,13 \text{ m} \times \text{Rp } 3.500,00 \\ &= \text{Rp } 32.434.949,96 \end{aligned}$$

### **Perhitungan PVD Penuh pada STA 37+264 s.d STA 37+303**

Berdasarkan gambar geometri timbunan di autocad, STA tersebut memiliki data sebagai berikut:

STA 37+264	
Tinggi timbunan	= 3,3 m
Sisi atas timbunan	= 34,1 m
Lebar sisi bawah timbunan	= 47,3 m
STA 37+303	
Tinggi timbunan	= 3,9 m
Sisi atas timbunan	= 34,1 m
Lebar sisi bawah timbunan	= 49,7 m

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar sisi bawah rata – rata} &= 48,5 \\
 \text{PVD segitiga 1,5 m} &= 48,5 \text{ m} : 1,5 \text{ m} \\
 &= 32,33 \text{ titik} \\
 \text{Jarak memanjang antar PVD} &= 0,5 \times 1,5 \text{ m} \times \sqrt{3} \\
 &= 1,299 \text{ m} \\
 \text{Panjang PVD setiap 50 m} &= 32,33 \times \frac{50 \text{ m}}{1,299 \text{ m}} \times 10 \text{ m} \\
 &= 12.445,47 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sehingga Panjang total PVD STA 37+264 s.d STA 37+303 adalah sebagai berikut:

$$\frac{12.445,47 \text{ m} \times 39 \text{ m}}{50 \text{ m}} = 9.707,47 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dan memiliki harga} &= 9.707,47 \text{ m} \times \text{Rp } 3.500,00 \\
 &= \text{Rp } 33.976.135,49
 \end{aligned}$$

Total harga untuk kebutuhan PVD tersaji dalam tabel sebagai berikut:

**Tabel 9. 1** Rekapitulasi Harga PVD

Rekapitulasi Harga PVD				
STA				Harga
35	328	s.d	364	64,356,027.71
	364		400	66,547,205.54
	400		436	69,270,900.69
	436		472	70,466,882.22
	472		508	70,685,127.02
	508		544	71,776,351.04
	544		580	72,457,274.83
STA 35+580 s.d 36+070				986,224,018.48
STA 36+070 s.d 36+630				1,192,295,612.01
STA 36+630 s.d 37+015				303,593,790.09
STA 37+015 s.d 37+186				134,228,637.41
STA 37+186 s.d 37+225				31,173,979.98
STA 37+225 s.d 37+264				32,434,949.96
STA 37+264 s.d 37+303				33,976,135.49
Total				3,199,486,892.48

- **Biaya Timbunan**

Berikut merupakan contoh perhitungan biaya timbunan pada STA 36+070 s.d 36+630 dengan harga satuan timbunan sesuai dengan harga satuan yang direncanakan oleh PT. Wijaya Karya, yakni : 128.000 /m<sup>3</sup>.

Dengan data geometrik timbunan sebagai berikut:

Tinggi timbunan	= 2,45 m
Lebar sisi atas timbunan	= 34,1 m
Lebar sisi bawah timbunan	= 43,9 m
Luas Penampang timbunan (padat)	= 95,55 m <sup>2</sup>
Luas Penampang timbunan (loose)	= 95,55 x 1,05 m <sup>2</sup>
	= 100,3275 m <sup>2</sup>
Panjang timbunan	= 560 m
Volume timbunan	= 560 m x 100,3275 m <sup>2</sup>
	= 56.183,4 m <sup>3</sup>

Sehingga harga timbunan pada STA 36+070 s.d 36+630 adalah sebagai berikut:

$$\text{Rp } 128.000,00 \times 56.183,4 \text{ m}^3 = \text{Rp } 7.191.475.200,00$$

Untuk hasil perhitungan biaya material timbunan pada STA lainnya tersaji pada tabel 9.2 sebagai berikut:

**Tabel 9. 2** Rekapitulasi Harga Timbunan

Rekapitulasi Harga Timbunan				
STA				Harga
35	148	s.d	184	34,610,769
	184		220	54,020,736
	220		256	51,166,080
	256		292	53,367,552
	292		328	79,163,482
	328		364	124,668,633.60
	364		400	181,781,107.20
	400		436	253,419,425.28
	436		472	286,251,840.00
	472		508	292,242,263.04
	508		544	323,094,562.56
	544		580	342,586,298.88
STA 35+580 s.d 36+070				4,662,980,179.20
STA 36+070 s.d 36+630				7,191,475,200.00
STA 36+630 s.d 37+015				4,944,139,200.00
STA 37+015 s.d 37+186				2,145,636,864.00
STA 37+186 s.d 37+225				536,006,016.00
STA 37+225 s.d 37+264				643,327,776.00
STA 37+264 s.d 37+303				780,264,576.00
Total				22,980,202,560.00

- Biaya Perkuatan Timbunan menggunakan Geotekstile**

Mengacu pada nilai  $C_u$  lama, zona yang menggunakan perkuatan geotekstile adalah zona 2 pada STA 37+340 dengan tinggi timbunan 3,92 m, berikut perhitungan biaya dari perkuatan timbunan berdasarkan tabel 8.7.

Dengan harga satuan geotekstile = 17.000,00/m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Geotekstile dasar} &= \text{lebar geotekstile} \times \text{panjang timbunan} \\
 &= 1,835 \text{ m} \times 39 \text{ m} \\
 &= 71,549 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Untuk hasil luas pada geotekstile lainnya tersaji pada tabel 9.3 sebagai berikut:

**Tabel 9. 3** Luas Geotekstile yang Dibutuhkan

Jumlah (n)	Le	Ld	L total (m)	L lebar timbunan (m)	Luas
1	0.167	0.75	0.917	1.835	71.549
2	0.158	2.45	2.610	5.220	203.586
3	0.170	3.07	3.238	6.475	252.535
4	0.183	3.39	3.569	7.138	278.383

Sehingga biaya geotekstile dasar timbunan adalah sebagai berikut:

$$\text{Biaya} = \text{Rp } 17.000,00 \times 71,549 \text{ m}^2$$

$$\text{Biaya} = \text{Rp } 1.216.329,91$$

Untuk biaya pada geotekstile lainnya tersaji pada tabel 9.4 sebagai berikut:

**Tabel 9. 4** Rekapitulasi Biaya Geotekstile

Jumlah (n)	Harga
1	1,216,329.91
2	3,460,960.95
3	4,293,099.24
4	4,732,506.30
Total	13,702,896.40

**Tabel 9. 5** Rekapitulasi Biaya Material

Rekapitulasi Biaya Material	
Timbunan	22,980,202,560.00
PVD	3,199,486,892.48
Geotekstile	13,702,896.40
Total	26,193,392,348.88

Sedangkan pada biaya material yang digunakan oleh PT. Wijaya Karya dengan kebutuhan dan panjang jarak yang sama adalah sebagai berikut:

- a. Tiang Pancang diameter 60 cm
  - Harga satuan = 6.700.000 / tiang pancang
  - Jarak = STA 35+060 s.d STA 37+340
  - = 2280 m
  - Jarak antar Pier= 7,5 m
  - Titik pier = 2280 m : 7,5 m
  - = 304 pier
  - 1 pier (1 jalur) = 5 tiang pancang
  - 2 jalur = 10 tiang pancang
  - Sehingga biaya yang dibutuhkan untuk tiang pancang diameter 60 cm adalah sebagai berikut:
  - Biaya = 10 tiang pancang x 304 pier x Rp 6.700.000
  - Biaya = Rp 20.368.000.000,00
- b. Full Slab Precast
  - Harga satuan = 1.417.000 / buah
  - Jarak = STA 36+630 s.d STA 37+340
  - = 710 m
  - Jarak antar Pier= 7,5 m
  - 1 pier (1 jalur) = 6 Full Slab Precast
  - 2 jalur = 12 Full Slab Precast

Sehingga biaya yang dibutuhkan untuk *Full Slab Precast* adalah sebagai berikut:

$$\text{Biaya} = 12 \text{ FS} \times 95 \text{ pier} \times \text{Rp } 1.417.000$$

$$\text{Biaya} = \text{Rp } 1.609.712.000,00$$

c. Pier Head K 350 (PT. Holcim)

$$\text{Harga satuan} = 930.000/\text{m}^3$$

$$\text{Jarak} = \text{STA } 35+060 \text{ s.d STA } 37+340$$

$$= 2280 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Pier Head} = 16,3 \text{ m/jalur}$$

$$\text{Volume Pier Head A} = 0,7 \text{ m} \times 1,1 \text{ m} \times 32,6 \text{ m}$$

$$= 25,102 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Pier Head B} = 0,6 \text{ m} \times 1,4 \text{ m} \times 32,6 \text{ m}$$

$$= 27,384 \text{ m}^3$$

$$\text{Jumlah Pier Head A} = 51 \text{ Buah}$$

$$\text{Jumlah Pier Head B} = 253 \text{ Buah}$$

Sehingga biaya yang dibutuhkan untuk *Pier Head* adalah sebagai berikut:

$$\text{Biaya 1 Vol Pier Head A} = 25,102 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 930.000$$

$$= \text{Rp } 23.344.860,00$$

$$\text{Biaya 1 Vol Pier Head B} = 27,384 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 930.000$$

$$= \text{Rp } 25.467.120,00$$

$$\text{Biaya Pier Head A} = 51 \times \text{Rp } 23.344.860,00$$

$$= \text{Rp } 1.182.806.240,00$$

$$\text{Biaya Pier Head B} = 253 \times \text{Rp } 25.467.120,00$$

$$= \text{Rp } 6.451.670.400,00$$

Berikut merupakan rekapitulasi total biaya material oleh PT. Wijaya Karya

Rekapitulasi Biaya Material	
Pancang dia. 60 cm	20,368,000,000.00
Full Slab Precast	1,609,712,000.00
Pier Head	7,634,476,640.00
Total	29,612,188,640.00

## **BAB X**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **10.1 Kesimpulan**

Merujuk pada perumusan masalah, proyek akhir terapan tersebut mempunyai beberapa kesimpulan, yakni :

1. Pemampatan tanah yang terjadi pada zona 1 adalah 47,92 cm dengan  $H_{\text{inisial}} = 2,736$  m  
Pemampatan tanah yang terjadi pada zona 2 adalah 6,26 cm dengan  $H_{\text{inisial}} 3,920$  m.
2. Pemampatan tanah dengan derajat konsolidasi 90 % ( $U = 90$  %) Sebelum PVD :  
Zona 1 : 268,531 tahun  
Zona 2 : 28,606 tahun  
Pemampatan tanah dengan derajat konsolidasi 90 % ( $U = 90$  %) dengan PVD :  
Zona 1 : 12 Minggu  
Zona 2 : 9 Minggu
3. Selain lama waktu pemampatan pada tanah, hal yang harus dipertimbangkan adalah *rate of settlement* (1,5 cm/tahun). Penurunan tanah di tahun pertama pada STA 36+070 (zona 1) dengan penimbunan  $H_{\text{inisial}}$  adalah 5,1 cm. Penurunan tanah di tahun pertama pada STA 37+340 (zona 2) dengan penimbunan  $H_{\text{inisial}}$  adalah 2,95 cm. Oleh karena itu diperlukan perbaikan tanah dasar dikarenakan melebihi *rate of settlement*.
4. Perencanaan pola pemasangan PVD pada proyek akhir terapan tersebut yaitu pola pemasangan segitiga, karena waktu pemampatan dengan pola pemasangan lebih cepat daripada pola pemasangan segiempat. Kedalaman PVD yang digunakan pada perencanaan adalah sedalam kedalaman tanah lunak, pada zona 1 dengan kedalaman tanah lunak 27 m, maka kedalaman PVD yang digunakan adalah 27 m. begitu juga dengan zona 2 yang memiliki kedalaman tanah lunak 10 m, maka kedalaman PVD yang



digunakan adalah 10 m. Hal ini bertujuan untuk menanggulangi pemampatan sisa. Dan jarak antar PVD adalah 1,5 m karena waktu yang dibutuhkan lebih cepat dari perencanaan kontraktor dan juga hemat dalam biaya.

5. Beberapa keunggulan dari perbaikan tanah dasar menggunakan PVD

- Faktor biaya dan waktu
  - Biaya material yang harus disiapkan lebih murah  
Selisih biaya adalah Rp 3.159.435.702,32
  - Waktu pengerjaan lebih cepat  
Pada pengerjaan pemancangan, pengecoran pier head, dan pemasangan *fullslab precast*, PT. Wijaya Karya membutuhkan waktu selama 7,2 bulan. Apabila dengan metode perbaikan tanah pekerjaan pemberian PVD, penimbunan, dan pemberian geotekstile dapat dikerjakan selama 5 bulan.
- Faktor Pelaksanaan
  - Perencanaan K3 lebih sederhana dengan menggunakan perbaikan tanah dasar dengan PVD daripada menggunakan tiang pancang.

## 10.2 Saran

Saran yang dapat Penulis sampaikan setelah menganalisa dan melakukan perhitungan dalam pengerjaan proyek akhir terapan tersebut adalah sebagai berikut:

- Diperlukan pengecekan dari hasil data bor log laboratorium agar mendapatkan stratigrafi tanah yang lebih pasti, sehingga didapatkan juga keputusan dalam pemilihan metode perbaikan tanah dasar.
- Diperlukan perhitungan biaya *soil monitoring* dan *sand blanket*

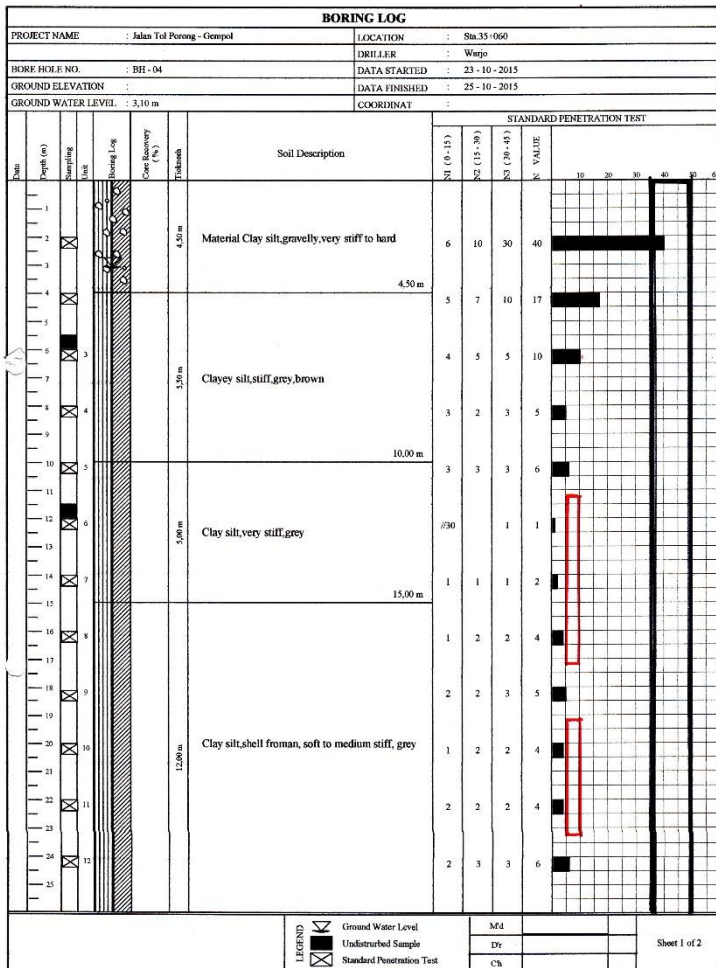
## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. D. Wicaksono, “Perkuatan Stabilitas Timbunan Jalan,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2017.
- [2] B. M. Das, *MEKANIKA TANAH Jilid 1 (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Surabaya: Erlangga, 1995.
- [3] M. Noor Endah, *Modul Ajar Perbaikan Tanah Dasar*. Surabaya: ITS Press, 2012.

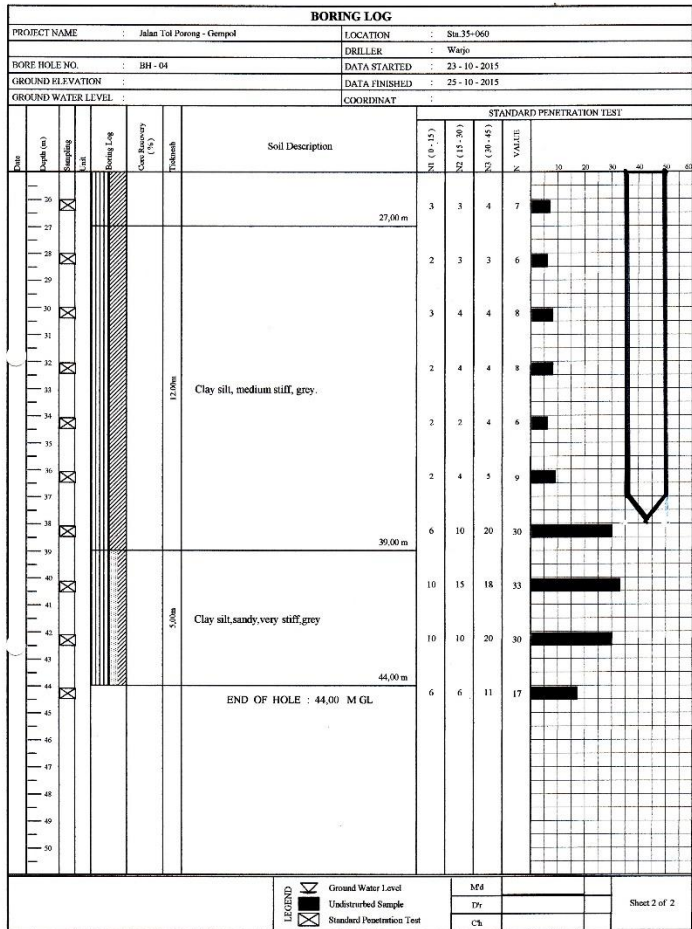
ITS.”Pedoman Tugas Akhir”.<http://monta.if.its.ac.id/assets/panduanTA/penulisanTA.pdf> (diakses pada 07 Januari 2018)

Ernie.”Diagram Alir (Flowchart)”.<http://ndoware.com/diagram-alir-flowchart.html> (diakses pada 07 Januari 2018)

## LAMPIRAN



Lampiran 1 Data Borlog BH - 04 (STA 35 + 060)



**Lampiran 2** Data Borlog BH - 04 (STA 35 + 060) (lanjutan)

BORING LOG									
PROJECT NAME : Jalan Tol Perang - Gempol					LOCATION : Sta. 36+070				
BORE HOLE NO. : BH - 05					DRILLER : DML				
GROUND ELEVATION :					DATA STARTED : 20-11-2015				
GROUND WATER LEVEL : 2,50 m					DATA FINISHED : 22-11-2015				
COORDINAT :					STANDARD PENETRATION TEST				
Depth (m)	Soil Description	Soil Type	Soil Color	Soil Consistency	Soil Hardness	Soil Moisture (%)	Soil Temperature (°C)	Soil pH	Soil SPT
1	Material boulder, brown	1,00 m							
2	Clay silt, medium stiff, brown	3,00 m							
3									
4	Clay silt, soft, grey	4,00 m							
5									
6									
7									
8									
9									
10	Sandy silt, shell fragments, very soft, grey	7,00 m							
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20	Clay silt, very soft to soft, grey	14,00 m							
21									
22									
23									
24									
25									

Ground Water Level

Undisturbed Sample

Standard Penetration Test

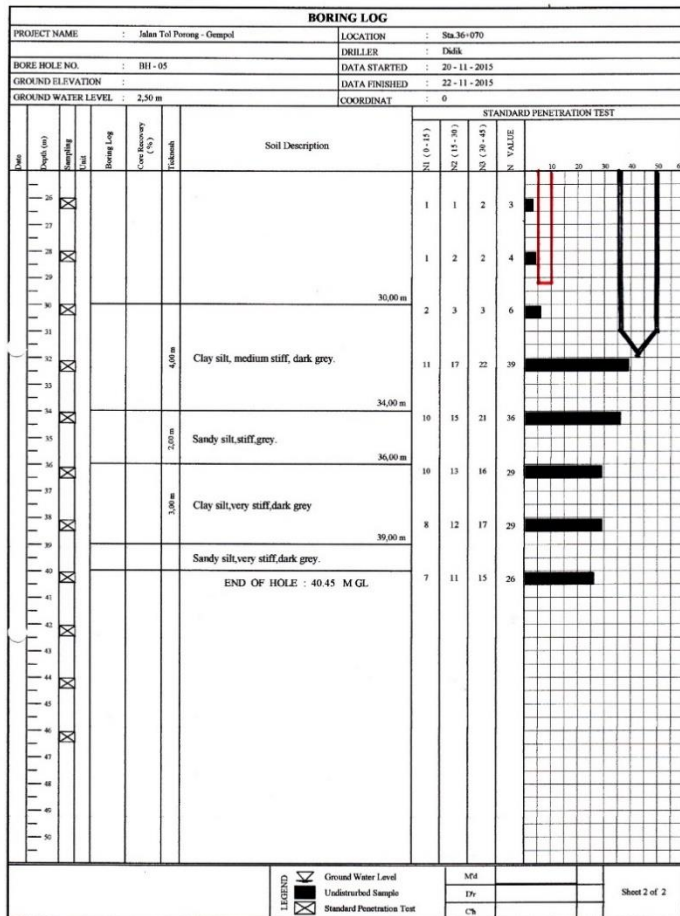
Md

Dv

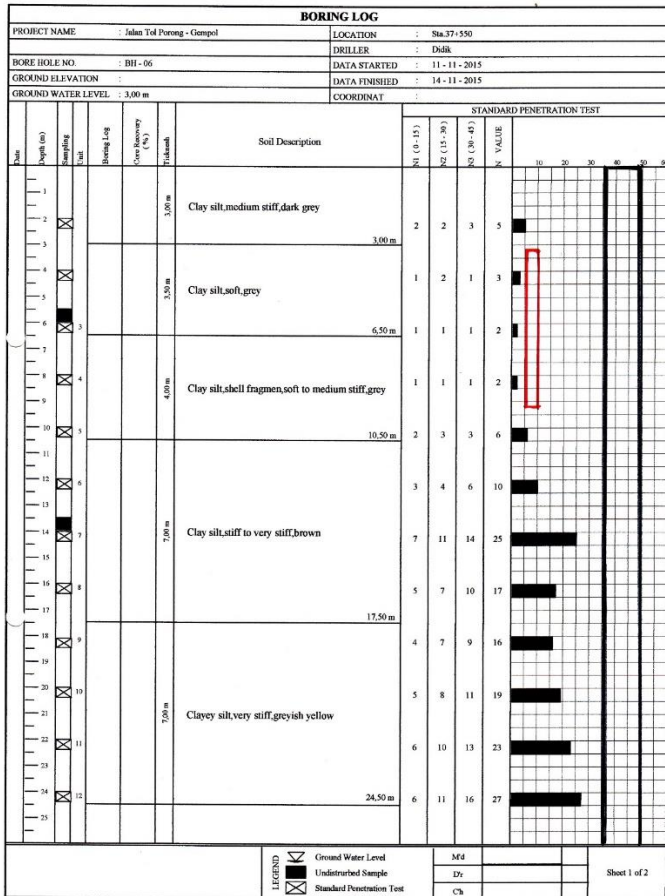
C%

Sheet 1 of 2

**Lampiran 3 Data Borlog BH - 05 (STA 36 + 070)**



Lampiran 4 Data Borlog BH - 05 (STA 36 + 070) (lanjutan)



**Lampiran 5** Data Borlog BH - 07 (STA 37 + 550)

BORING LOG												
PROJECT NAME : Jalan Tol Porong - Gempol					LOCATION : Sta 37+550							
BORE HOLE NO. : BH - 06					DRILLER : Dedi							
GROUND ELEVATION : 14 - 11 - 2015					DATA FINISHED : 14 - 11 - 2015							
GROUND WATER LEVEL : 3,00 m					COORDINAT : 0							
Date	Depth (m.)	Sampling	Casing Log	Core Recovery (%)	Remarks	Soil Description	STANDARD PENETRATION TEST					
							N1 (5-15)	N2 (15-30)	N3 (30-45)	N VALUE		
	25	✓			3.05 m	Cemented sandy silt, hard, greyish black	25	30	30	>60		
	27											
	28	✓										
	29						21	26	30	56		
	30	✓					20	23	26	49		
	31					END OF HOLE : 30,45 M GL.						
	32	✓										
	33											
	34	✓										
	35											
	36	✓										
	37											
	38	✓										
	39											
	40	✓										
	41											
	42	✓										
	43											
	44	✓										
	45											
	46	✓										
	47											
	48											
	49											
	50											

LEGEND

Ground Water Level  
 Undisturbed Sample  
 Standard Penetration Test

MPd

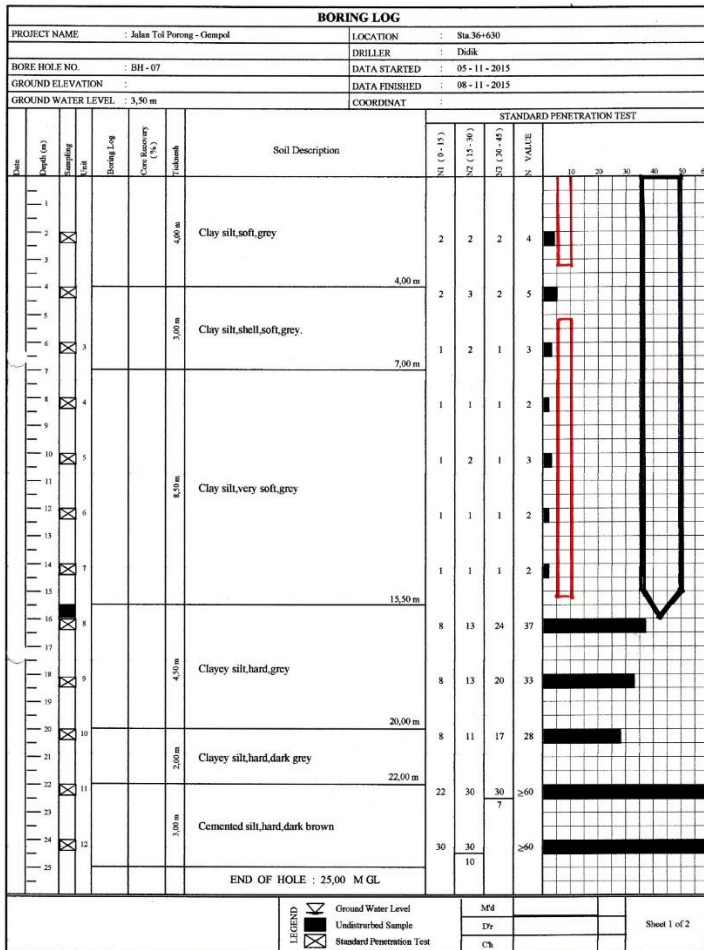
Dr

Cb

Sheet 2 of 2

**Lampiran 6** Data Borlog BH - 07 (STA 37 + 550) (lanjutan)





Lampiran 7 Data Borlog BH - 06 (STA 36 + 630)

# CeTeau-Drain CT-D822

## Drain Body

Extrusion profile of 100% polypropylene with the following important properties:

- environmental safe
- large water flow capacity
- flexible
- high tensile strength and toughness
- inert to natural occurring acids alkalis and salt
- workable and easy to handle at low temperatures
- no wet shrinkage or growth

## Filter Jacket

Nonwoven fabric of 100% polyester without any binders, with the following important properties:

- balanced strength in both directions
- high tensile strength and toughness
- no wet shrinkage or growth
- good resistance to rot, moisture and insects
- high water permeability
- inert to natural occurring acids, alkalis and salt
- excellent filtration characteristics
- tear, burst and puncture resistant
- environmental safe

Physical properties		Unit	CT-D822
Drain Body	Configuration	-	-----
	Material	-	PP
	Colour	-	white
Filter Jacket	Material	-	PET
	Colour	-	grey
Assembled Drain	Weight	g/m	75
	Width	mm	100
	Thickness	mm	4

Mechanical properties		Symbol	Test	Unit	CT-D822
<b>Filter Jacket</b>					
Grab Tensile Strength		<i>F</i>	ASTM D4632	N	480
Elongation		$\epsilon$	ASTM D4632	%	32
Tear Strength			ASTM D4533	N	120
Pore Size		<i>O<sub>95</sub></i>	ASTM D4751	$\mu$ m	< 75
Permeability		<i>k</i>	ASTM D4491	m/s	> 1.0 x 10 <sup>-4</sup>
<b>Assembled Drain</b>					
Tensile Strength		<i>F</i>	ASTM D4595	kN	2.75
Elongation at break		$\epsilon$	ASTM D4595	%	40
Strength at 10% elongation		<i>F</i>	ASTM D4595	kN	2.2
Elongation at 1 kN tensile strength		$\epsilon$	ASTM D4595	%	1.5
Discharge capacity at 100 kPa		<i>q<sub>s</sub></i>	ASTM D4716	m <sup>3</sup> /s	158 x 10 <sup>-6</sup>
Discharge capacity at 150 kPa		<i>q<sub>s</sub></i>	ASTM D4716	m <sup>3</sup> /s	157 x 10 <sup>-6</sup>
Discharge capacity at 200 kPa		<i>q<sub>s</sub></i>	ASTM D4716	m <sup>3</sup> /s	155 x 10 <sup>-6</sup>
Discharge capacity at 250 kPa		<i>q<sub>s</sub></i>	ASTM D4716	m <sup>3</sup> /s	150 x 10 <sup>-6</sup>
Discharge capacity at 300 kPa		<i>q<sub>s</sub></i>	ASTM D4716	m <sup>3</sup> /s	141 x 10 <sup>-6</sup>
Discharge capacity at 350 kPa		<i>q<sub>s</sub></i>	ASTM D4716	m <sup>3</sup> /s	135 x 10 <sup>-6</sup>

Transport details		Unit	CT-D822
Roll length		m	250
Outside diameter roll		m	1.10
Inside diameter roll		m	0.15
Weight roll		kg	20
40ft container		m	125,000

All information, illustrations and specifications are based on the latest product information available at the time of printing. The right is reserved to make changes at any time without notice. All mechanical properties are average values. Standard variations in mechanical strength of 10% and in hydraulic flow and pore size of 20% have to be allowed for.

Agent & Distributor in Indonesia Area :

**PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL**

Wisma SIER Building, 1<sup>st</sup> Floor

Jl. Rungkut Industri Raya No.10 Surabaya 60293

Tel. 62-31-8475062 Fax. 62-31-8475063

Email : info@geosistem.co.id Website : www.geosistem.co.id



## Lampiran 8 Spesifikasi PVD

# UnggulTex

## POLYPROPYLENE WOVEN GEOTEXTILES

### TECHNICAL SPESIFICATIONS

PROPERTIES	UNIT	TEST METHOD	UW - 150	UW - 200	UW - 250
<b>Physical Properties</b>					
Mass	g/m <sup>2</sup>	ASTM D 5261-92	150	200	250
Thickness	mm	ASTM D 5199-91	0.5	0.6	0.7
Colour	-	-	Black	Black	Black
<b>Mechanical Properties</b>					
Strip Tensile Strength (Wrab/Weft)	kN/m	ASTM D 4595-94	37/35	42/39	52/52
Elongation at Max. Load (Wrab/Weft)	%	ASTM D 4595-94	19/18	20/20	20/20
Grap Tensile Strength (Wrab/Weft)	N	ASTM D 4632-91	1210/1200	1600/1600	1750/1750
Elongation at Max. Load (Wrab/Weft)	%	ASTM D 4632-91	14/13	22/22	22/22
Trapezoidal Tear Strength (Wrab/Weft)	N	ASTM D 4533-91	615/615	700/700	800/800
<b>Hydraulic Properties</b>					
Pore Size O <sub>95</sub>	μm	ASTM D 4751-95	320	275	250
Water Permeability	l/m <sup>2</sup> /sec	100 mm water head	28	16	7.5
<b>Environmental Properties</b>					
Effect of soil Alkalinity	-	-	nil	nil	nil
Effect of soil Acidity	-	-	nil	nil	nil
Effect of Bacteria	-	-	nil	nil	nil
Effect of U.V. Light	-	-	Stabilized	Stabilized	Stabilized
<b>Packaging</b>					
Roll Length	m	-	150 - 200	150 - 200	150 - 200
Roll Width	m	-	3 - 4	3 - 4	3 - 4
Roll Area	m <sup>2</sup>	-	640 - 760	640 - 760	640 - 760
Roll Diameter (Approx)	m	-	0.4 - 0.5	0.4 - 0.5	0.4 - 0.5
Roll Weight (Approx)	kg	-	96 - 114	128 - 152	160 - 190

All information, illustration and specification are based on the latest product information available at the time of printing. The right is reserved to make changes at any time without notice.

Distributed by :

**PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL**

Wisma SIER Building, 1<sup>st</sup> Floor, Jl. Rungkut Industri Raya 10, Surabaya 60293  
Tel. 031-8475062 Fax. 031-8475063  
Email : info@geosistem.co.id  
Website : www.geosistem.co.id



### Lampiran 9 Spesifikasi Geotekstile

DATA LABORATORIUM			STA (35 + 060) BH - 4				STA (36 + 070) BH - 5		STA (37 + 550) BH - 6		STA (36 + 630) BH - 7	
Keterangan		Satuan	Kedalaman (m)				Kedalaman (m)		Kedalaman (m)		Kedalaman (m)	
			3.5 - 4	5.5 - 6	9.5 - 10	11.5 - 12.0	3.5 - 4.0	11.5 - 12.0	5.5 - 6.0	13.5 - 14.0	7.5 - 8.0	15.5 - 16.0
indeks properties	Berat Vol. Tanah (yt)	g/cm <sup>3</sup>	1.706	1.665	1.683	1.63	1.69	1.618	1.64	1.744	1.664	1.707
	Berat Vol. Kering (yd)	g/cm <sup>3</sup>	1.146	1.05	1.102	1.021	1.096	1	1.027	1.183	1.053	1.111
	Kadar Air (Wc)	%	48.91	58.54	52.68	59.6	54.29	61.72	59.72	47.4	57.94	53.64
	Derajat Kejuhan (Sr)	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Porositas (n)	%	56.02	61.49	58.03	60.85	59.48	61.74	61.32	56.08	61.03	59.6
	Angka pori (e)		1.274	1.597	1.383	1.555	1.468	1.614	1.585	1.277	1.566	1.475
Spesifik Gravity (Gs)	(Gs)		2.605	2.728	2.627	2.609	2.704	2.615	2.654	2.694	2.703	2.75
Analisa Saringan	Kerikil	%	0	0	0	0.09	0	0.46	0	0.11	0.02	1.73
	Pasir	%	23.38	16.5	7.26	17.09	4.49	25.65	7.34	23.59	27.55	43.55
	Lanau	%	38.83	31.68	36.78	39.52	34.9	27.44	43.22	37.94	33.78	27.21
	Lempung	%	37.78	51.82	55.97	43.3	60.62	46.45	49.44	38.36	38.65	27.51
	Jumlah (Lanau + Lempung)	%	76.61	83.5	92.75	82.82	95.52	73.89	92.66	76.3	72.43	54.72
	Uniformity coefficient (Cu)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Atterberg Limit	Gradation coefficient (Cc)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Liquid Limit (LL)	%	61.46	54.02	60.32	52.85	61.46	61.08	51.46	51.58	55.27	50.08
	Plastic Limit (PL)	%	29.64	30.02	31.04	29.15	30.07	30.35	31.12	30.27	29.02	26.61
	Plasticity Index (PI)	%	31.82	24	29.28	23.7	31.38	30.73	20.33	21.31	26.25	21.47
	Flow Index (F.I)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Shrinkage Limit (SL)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Classification sistim USCS			CH	OH	OH	OH	CH	CH				
Classification sistim AASHTO			A-7-6	A-7-5	A-7-5	A-7-5	A-7-6	A-7-6				
Triaxial	Sudut Geser Dalam (φ)	(.....°)	14.18	16.3	14.21	13.15	9.53	6.04	8.36	11.61	13.04	12.4
	Kohesi (C)	kg/cm <sup>2</sup>	0.245	0.052	0.064	0.13	0.201	0.036	0.092	0.201	0.033	0.04
Konsolidasi	Tekanan Pra Konsolidasi (Pp)	kg/cm <sup>2</sup>	0.98	0.98	0.98	0.78	1.03	1.24	1.05	1.05	1.1	1.13
	Koefisien Kompresi (Cc)		0.526	0.539	0.571	0.601	0.7	0.732	0.786	0.742	0.955	0.965
	Koefisien Konsolidasi (Cv (t50))	cm <sup>2</sup> /det	0.000045	0.00066	0.00053	0.00078	0.0007	0.00088	0.00087	0.00065	0.00134	0.0009

### Lampiran 10 Rekapitulasi Data Laboratorium

## Penurunan Tanah Akibat Timbunan pada Tanah *Compressible* 27 m Zona 1

No.	Tebal Lap (m)	Z (m)	ysat kN/m <sup>3</sup>	e <sub>0</sub>	C <sub>c</sub>	C <sub>s</sub>	B1	B2	B1 + B2 Z	B1 Z	α1	α2	(B1 + B2)/B2	B1/B2	Δp	2Δp	2Δp + Po	Po kN/m <sup>2</sup>	Pc kN/m <sup>2</sup>	Pc/Po kN/m <sup>2</sup>	Keterangan	Sc (m)	Lapisan Tanah
1	1	0.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	38.100	34.100	0.176	88.320	9.525	8.525	9.000	18.000	21.350	3.35	58.271	17.394	tidak melebihi	0.0193	Overconsolidated
2	1	1.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	12.700	11.367	0.526	84.972	9.525	8.525	8.998	17.996	28.046	10.05	85.930	8.550	tidak melebihi	0.0107	
3	1	2.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	7.620	6.820	0.865	81.658	9.525	8.525	8.990	17.980	34.730	16.75	94.530	5.644	tidak melebihi	0.0076	
4	1	3.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	5.443	4.871	1.190	78.400	9.525	8.525	8.973	17.946	41.396	23.45	100.500	4.286	tidak melebihi	0.0059	
5	1	4.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	4.233	3.789	1.494	75.215	9.525	8.525	8.945	17.889	48.039	30.15	100.818	3.344	tidak melebihi	0.0049	
6	1	5.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	3.464	3.100	1.775	72.121	9.525	8.525	8.902	17.805	54.655	36.85	98.000	2.659	tidak melebihi	0.0041	
7	1	6.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	2.931	2.623	2.028	69.132	9.525	8.525	8.845	17.690	61.240	43.55	103.162	2.369	tidak melebihi	0.0036	
8	1	7.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	2.540	2.273	2.254	66.256	9.525	8.525	8.773	17.546	67.796	50.25	110.000	2.189	tidak melebihi	0.0031	
9	1	8.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	2.241	2.006	2.452	63.502	9.525	8.525	8.685	17.371	74.321	56.95	104.279	1.831	tidak melebihi	0.0028	
10	1	9.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	2.005	1.795	2.621	60.874	9.525	8.525	8.584	17.168	80.818	63.65	98.000	1.540	tidak melebihi	0.0025	
11	1	10.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.814	1.624	2.764	58.374	9.525	8.525	8.470	16.939	87.289	70.35	104.875	1.491	tidak melebihi	0.0023	
12	1	11.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.657	1.483	2.881	56.001	9.525	8.525	8.344	16.688	93.738	77.05	101.000	1.311	tidak melebihi	0.0020	
13	1	12.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.524	1.364	2.975	53.753	9.525	8.525	8.209	16.418	100.168	83.75	105.210	1.256	tidak melebihi	0.0019	
14	1	13.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.411	1.263	3.048	51.628	9.525	8.525	8.066	16.132	106.582	90.45	105.319	1.164	melebihi	0.0000	Normally Consolidated
15	1	14.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.314	1.176	3.102	49.621	9.525	8.525	7.917	15.834	112.984	97.15	105.400	1.085	melebihi	0.0001	
16	1	15.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.229	1.100	3.140	47.726	9.525	8.525	7.764	15.527	119.377	103.85	113.000	1.088	melebihi	0.0169	
17	1	16.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.155	1.033	3.164	45.939	9.525	8.525	7.607	15.215	125.765	110.55	110.550	1.000	melebihi	0.0157	
18	1	17.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.089	0.974	3.175	44.254	9.525	8.525	7.449	14.898	132.148	117.25	117.250	1.000	melebihi	0.0145	
19	1	18.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.030	0.922	3.175	42.664	9.525	8.525	7.290	14.581	138.531	123.95	123.950	1.000	melebihi	0.0135	
20	1	19.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.977	0.874	3.166	41.165	9.525	8.525	7.132	14.264	144.914	130.65	130.650	1.000	melebihi	0.0126	
21	1	20.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.929	0.832	3.150	39.751	9.525	8.525	6.975	13.950	151.300	137.35	137.350	1.000	melebihi	0.0118	
22	1	21.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.886	0.793	3.127	38.415	9.525	8.525	6.820	13.640	157.690	144.05	144.050	1.000	melebihi	0.0110	
23	1	22.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.847	0.758	3.099	37.154	9.525	8.525	6.668	13.335	164.085	150.75	150.750	1.000	melebihi	0.0103	
24	1	23.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.811	0.726	3.067	35.962	9.525	8.525	6.518	13.036	170.486	157.45	157.450	1.000	melebihi	0.0097	
25	1	24.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.778	0.696	3.032	34.835	9.525	8.525	6.372	12.743	176.893	164.15	164.150	1.000	melebihi	0.0091	
26	1	25.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.747	0.669	2.994	33.768	9.525	8.525	6.229	12.457	183.307	170.85	170.850	1.000	melebihi	0.0086	
27	1	26.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.719	0.643	2.954	32.757	9.525	8.525	6.089	12.179	189.729	177.55	177.550	1.000	melebihi	0.0081	
																					Sci	0.2125	

## Lampiran 11 Hasil Consolidation Settlement Total dengan Timbunan 1 meter

No.	Tebal Lap (m)	Z (m)	ysat kN/m <sup>3</sup>	e <sub>0</sub>	C <sub>c</sub>	C <sub>s</sub>	B1	B2	B1 + B2 Z	B1 Z	α1	α2	(B1 + B2)/B2	B1/B2	Δp	2Δp	2Δp + Po	Po kN/m <sup>2</sup>	Pc kN/m <sup>2</sup>	Pc/Po	Keterangan	Sc (m)	Lapisan Tanah
1	1	0.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	42.100	34.100	0.319	88.320	5.263	4.263	18.000	36.000	39.350	3.35	58.271	17.394	tidak melebihi	0.0257	Overconsolidated
2	1	1.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	14.033	11.367	0.952	84.972	5.263	4.263	17.996	35.992	46.042	10.05	85.930	8.550	tidak melebihi	0.0159	
3	1	2.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	8.420	6.820	1.569	81.658	5.263	4.263	17.983	35.965	52.715	16.75	94.530	5.644	tidak melebihi	0.0120	
4	1	3.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	6.014	4.871	2.160	78.400	5.263	4.263	17.954	35.907	59.357	23.45	100.500	4.286	tidak melebihi	0.0097	
5	1	4.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	4.678	3.789	2.718	75.215	5.263	4.263	17.904	35.808	65.958	30.15	100.818	3.344	tidak melebihi	0.0082	
6	1	5.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	3.827	3.100	3.236	72.121	5.263	4.263	17.830	35.660	72.510	36.85	98.000	2.659	tidak melebihi	0.0071	
7	1	6.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	3.238	2.623	3.708	69.132	5.263	4.263	17.729	35.459	79.009	43.55	103.162	2.369	tidak melebihi	0.0062	
8	1	7.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	2.807	2.273	4.133	66.256	5.263	4.263	17.601	35.203	85.453	50.25	110.000	2.189	tidak melebihi	0.0055	
9	1	8.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	2.476	2.006	4.509	63.502	5.263	4.263	17.446	34.892	91.842	56.95	104.279	1.831	tidak melebihi	0.0050	
10	1	9.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	2.216	1.795	4.836	60.874	5.263	4.263	17.265	34.529	98.179	63.65	98.000	1.540	melebihi	0.0000	
11	1	10.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	2.005	1.624	5.116	58.374	5.263	4.263	17.059	34.118	104.468	70.35	104.875	1.491	tidak melebihi	0.0041	
12	1	11.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.830	1.483	5.351	56.001	5.263	4.263	16.832	33.663	110.713	77.05	101.000	1.311	melebihi	0.0002	
13	1	12.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.684	1.364	5.544	53.753	5.263	4.263	16.585	33.171	116.921	83.75	105.210	1.256	melebihi	0.0002	
14	1	13.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.559	1.263	5.699	51.628	5.263	4.263	16.323	32.647	123.097	90.45	105.319	1.164	melebihi	0.0003	
15	1	14.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.452	1.176	5.819	49.621	5.263	4.263	16.048	32.097	129.247	97.15	105.400	1.085	melebihi	0.0003	Normally Consolidated
16	1	15.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.358	1.100	5.908	47.726	5.263	4.263	15.763	31.527	135.377	103.85	113.000	1.088	melebihi	0.0322	
17	1	16.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.276	1.033	5.970	45.939	5.263	4.263	15.471	30.942	141.492	110.55	110.550	1.000	melebihi	0.0300	
18	1	17.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.203	0.974	6.008	44.254	5.263	4.263	15.174	30.348	147.598	117.25	117.250	1.000	melebihi	0.0280	
19	1	18.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.138	0.922	6.025	42.664	5.263	4.263	14.874	29.748	153.698	123.95	123.950	1.000	melebihi	0.0262	
20	1	19.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.079	0.874	6.024	41.165	5.263	4.263	14.573	29.146	159.796	130.65	130.650	1.000	melebihi	0.0245	
21	1	20.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.027	0.832	6.008	39.751	5.263	4.263	14.273	28.547	165.897	137.35	137.350	1.000	melebihi	0.0230	
22	1	21.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	0.979	0.793	5.979	38.415	5.263	4.263	13.976	27.952	172.002	144.05	144.050	1.000	melebihi	0.0216	
23	1	22.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	0.936	0.758	5.939	37.154	5.263	4.263	13.682	27.363	178.113	150.75	150.750	1.000	melebihi	0.0203	
24	1	23.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	0.896	0.726	5.890	35.962	5.263	4.263	13.392	26.784	184.234	157.45	157.450	1.000	melebihi	0.0191	
25	1	24.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	0.859	0.696	5.834	34.835	5.263	4.263	13.107	26.214	190.364	164.15	164.150	1.000	melebihi	0.0180	
26	1	25.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	0.825	0.669	5.772	33.768	5.263	4.263	12.828	25.656	196.506	170.85	170.850	1.000	melebihi	0.0170	
27	1	26.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	0.794	0.643	5.704	32.757	5.263	4.263	12.555	25.111	202.661	177.55	177.550	1.000	melebihi	0.0161	
																					Sci	0.3762	

**Lampiran 12 Hasil Consolidation Settlement Total dengan Timbunan 2 meter**

No.	Tebal Lap (m)	Z (m)	$\gamma_{sat}$ kN/m <sup>3</sup>	$e_0$	$C_c$	$C_s$	B1	B2	B1 + B2 Z	B1 Z	$\alpha_1$	$\alpha_2$	(B1 + B2)/B2	B1/B2	$\Delta p$	2 $\Delta p$	2 $\Delta p$ + Po	Po kN/m <sup>2</sup>	Pc kN/m <sup>2</sup>	Pc/Po kN/m <sup>2</sup>	Keterangan	Sc (m)	Lapisan Tanah
1	1	0.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	46.100	34.100	0.437	88.320	3.842	2.842	27.000	54.000	57.350	3.35	58.271	17.394	tidak melebihi	0.0296	Overconsolidated
2	1	1.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	15.367	11.367	1.304	84.972	3.842	2.842	26.995	53.990	64.040	10.05	85.930	8.550	tidak melebihi	0.0193	
3	1	2.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	9.220	6.820	2.152	81.658	3.842	2.842	26.977	53.954	70.704	16.75	94.530	5.644	tidak melebihi	0.0150	
4	1	3.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	6.586	4.871	2.966	78.400	3.842	2.842	26.939	53.877	77.327	23.45	100.500	4.286	tidak melebihi	0.0124	
5	1	4.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	5.122	3.789	3.758	75.215	3.842	2.842	26.873	53.745	83.895	30.15	100.818	3.344	tidak melebihi	0.0107	
6	1	5.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	4.191	3.100	4.458	72.121	3.842	2.842	26.774	53.549	90.399	36.85	98.000	2.659	tidak melebihi	0.0094	
7	1	6.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	3.546	2.623	5.120	69.132	3.842	2.842	26.641	53.281	96.831	43.55	103.162	2.369	tidak melebihi	0.0083	
8	1	7.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	3.073	2.273	5.720	66.256	3.842	2.842	26.469	52.938	103.188	50.25	110.000	2.189	tidak melebihi	0.0075	
9	1	8.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	2.712	2.006	6.256	63.502	3.842	2.842	26.260	52.521	109.471	56.95	104.279	1.831	melebihi	0.0002	
10	1	9.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	2.426	1.795	6.727	60.874	3.842	2.842	26.015	52.030	115.680	63.65	98.000	1.540	melebihi	0.0004	
11	1	10.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	2.195	1.624	7.135	58.374	3.842	2.842	25.736	51.472	121.822	70.35	104.875	1.491	melebihi	0.0004	
12	1	11.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	2.004	1.483	7.484	56.001	3.842	2.842	25.425	50.851	127.901	77.05	101.000	1.311	melebihi	0.0005	
13	1	12.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.844	1.364	7.776	53.753	3.842	2.842	25.087	50.175	133.925	83.75	105.210	1.256	melebihi	0.0005	
14	1	13.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.707	1.263	8.015	51.628	3.842	2.842	24.726	49.451	139.901	90.45	105.319	1.164	melebihi	0.0005	
15	1	14.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.590	1.176	8.207	49.621	3.842	2.842	24.344	48.689	145.839	97.15	105.400	1.085	melebihi	0.0005	
16	1	15.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.487	1.100	8.355	47.726	3.842	2.842	23.947	47.894	151.744	103.85	113.000	1.088	melebihi	0.0461	Normally Consolidated
17	1	16.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.397	1.033	8.464	45.939	3.842	2.842	23.537	47.074	157.624	110.55	110.550	1.000	melebihi	0.0431	
18	1	17.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.317	0.974	8.540	44.254	3.842	2.842	23.118	46.236	163.486	117.25	117.250	1.000	melebihi	0.0404	
19	1	18.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.246	0.922	8.585	42.664	3.842	2.842	22.694	45.387	169.337	123.95	123.950	1.000	melebihi	0.0379	
20	1	19.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.182	0.874	8.604	41.165	3.842	2.842	22.266	44.532	175.182	130.65	130.650	1.000	melebihi	0.0357	
21	1	20.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.124	0.832	8.600	39.751	3.842	2.842	21.837	43.674	181.024	137.35	137.350	1.000	melebihi	0.0336	
22	1	21.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.072	0.793	8.577	38.415	3.842	2.842	21.410	42.820	186.870	144.05	144.050	1.000	melebihi	0.0316	
23	1	22.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.024	0.758	8.538	37.154	3.842	2.842	20.986	41.972	192.722	150.75	150.750	1.000	melebihi	0.0299	
24	1	23.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	0.981	0.726	8.484	35.962	3.842	2.842	20.566	41.133	198.583	157.45	157.450	1.000	melebihi	0.0282	
25	1	24.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	0.941	0.696	8.419	34.835	3.842	2.842	20.153	40.306	204.456	164.15	164.150	1.000	melebihi	0.0267	
26	1	25.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	0.904	0.669	8.343	33.768	3.842	2.842	19.746	39.492	210.342	170.85	170.850	1.000	melebihi	0.0253	
27	1	26.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	0.870	0.643	8.260	32.757	3.842	2.842	19.347	38.694	216.244	177.55	177.550	1.000	melebihi	0.0240	
																					Sci	0.5178	

**Lampiran 13 Hasil Consolidation Settlement Total dengan Timbunan 3 meter**

No.	Tebal Lap (m)	Z (m)	$\gamma_{sat}$ kN/m <sup>3</sup>	$e_0$	$C_c$	$C_s$	B1	B2	B1 + B2 Z	B1 Z	$\alpha_1$	$\alpha_2$	(B1 + B2)/B2	B1/B2	$\Delta p$	$2\Delta p$	$2\Delta p + P_0$	$P_0$ kN/m <sup>2</sup>	$P_c$ kN/m <sup>2</sup>	$P_c/P_0$	Keterangan	$S_c$ (m)	Lapisan Tanah
1	1	0.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	50.100	34.100	0.536	88.320	3.131	2.131	36.000	72.000	75.350	3.35	58.271	17.394	melebihi	0.0033	Overconsolidated
2	1	1.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	16.700	11.367	1.601	84.972	3.131	2.131	35.994	71.988	82.038	10.05	85.930	8.550	tidak melebihi	0.0219	
3	1	2.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	10.020	6.820	2.642	81.658	3.131	2.131	35.973	71.946	88.696	16.75	94.530	5.644	tidak melebihi	0.0174	
4	1	3.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	7.157	4.871	3.647	78.400	3.131	2.131	35.927	71.854	95.304	23.45	100.500	4.286	tidak melebihi	0.0146	
5	1	4.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	5.567	3.789	4.601	75.215	3.131	2.131	35.849	71.697	101.847	30.15	100.818	3.344	melebihi	0.0001	
6	1	5.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	4.555	3.100	5.495	72.121	3.131	2.131	35.731	71.463	108.313	36.85	98.000	2.659	melebihi	0.0005	
7	1	6.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	3.854	2.623	6.322	69.132	3.131	2.131	35.571	71.142	114.692	43.55	103.162	2.369	melebihi	0.0005	
8	1	7.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	3.340	2.273	7.076	66.256	3.131	2.131	35.365	70.731	120.981	50.25	110.000	2.189	melebihi	0.0004	
9	1	8.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	2.947	2.006	7.755	63.502	3.131	2.131	35.114	70.227	127.177	56.95	104.279	1.831	melebihi	0.0007	
10	1	9.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	2.637	1.795	8.357	60.874	3.131	2.131	34.817	69.634	133.284	63.65	98.000	1.540	melebihi	0.0008	
11	1	10.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	2.386	1.624	8.885	58.374	3.131	2.131	34.478	68.955	139.305	70.35	104.875	1.491	melebihi	0.0007	
12	1	11.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	2.178	1.483	9.340	56.001	3.131	2.131	34.099	68.198	145.248	77.05	101.000	1.311	melebihi	0.0008	
13	1	12.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	2.004	1.364	9.727	53.753	3.131	2.131	33.685	67.370	151.120	83.75	105.210	1.256	melebihi	0.0007	
14	1	13.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.856	1.263	10.051	51.628	3.131	2.131	33.240	66.479	156.929	90.45	105.319	1.164	melebihi	0.0007	
15	1	14.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.728	1.176	10.315	49.621	3.131	2.131	32.768	65.536	162.686	97.15	105.400	1.085	melebihi	0.0006	
16	1	15.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.616	1.100	10.526	47.726	3.131	2.131	32.274	64.549	168.399	103.85	113.000	1.088	melebihi	0.0588	Normally Consolidated
17	1	16.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.518	1.033	10.689	45.939	3.131	2.131	31.763	63.526	174.076	110.55	110.550	1.000	melebihi	0.0552	
18	1	17.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.431	0.974	10.808	44.254	3.131	2.131	31.238	62.477	179.727	117.25	117.250	1.000	melebihi	0.0519	
19	1	18.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.354	0.922	10.889	42.664	3.131	2.131	30.704	61.408	185.358	123.95	123.950	1.000	melebihi	0.0489	
20	1	19.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.285	0.874	10.936	41.165	3.131	2.131	30.164	60.327	190.977	130.65	130.650	1.000	melebihi	0.0462	
21	1	20.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.222	0.832	10.954	39.751	3.131	2.131	29.620	59.240	196.590	137.35	137.350	1.000	melebihi	0.0436	
22	1	21.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.165	0.793	10.946	38.415	3.131	2.131	29.076	58.151	202.201	144.05	144.050	1.000	melebihi	0.0412	
23	1	22.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.113	0.758	10.916	37.154	3.131	2.131	28.533	57.067	207.817	150.75	150.750	1.000	melebihi	0.0390	
24	1	23.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.066	0.726	10.867	35.962	3.131	2.131	27.995	55.990	213.440	157.45	157.450	1.000	melebihi	0.0370	
25	1	24.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.022	0.696	10.801	34.835	3.131	2.131	27.462	54.925	219.075	164.15	164.150	1.000	melebihi	0.0351	
26	1	25.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	0.982	0.669	10.722	33.768	3.131	2.131	26.937	53.873	224.723	170.85	170.850	1.000	melebihi	0.0333	
27	1	26.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	0.945	0.643	10.632	32.757	3.131	2.131	26.419	52.838	230.388	177.55	177.550	1.000	melebihi	0.0317	
																					Sci	0.5857	

## Lampiran 14 Hasil Consolidation Settlement Total dengan Timbunan 4 meter



## Penurunan Tanah Akibat Beban Lalu Lintas pada Tanah *Compressible* 27 m Zona 1

No.	Tebal Lap (m)	Z (m)	ysat kN/m <sup>3</sup>	e <sub>0</sub>	C <sub>c</sub>	C <sub>s</sub>	B1	B2	B1 + B2 Z	B1 Z	α1	α2	(B1 + B2)/B2	B1/B2	Δp	2Δp	2Δp + Po	Po kN/m <sup>2</sup>	Pc kN/m <sup>2</sup>	Pc/Po kN/m <sup>2</sup>	Keterangan	Sc (m)	Lapisan Tanah
1	1	1.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	12.700	11.367	0.526	84.972	9.525	8.525	7.198	14.397	17.747	3.35	58.271	17.394	tidak melebihi	0.0174	Overconsolidated
2	1	2.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	7.620	6.820	0.865	81.658	9.525	8.525	7.192	14.384	24.434	10.05	85.930	8.550	tidak melebihi	0.0093	
3	1	3.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	5.443	4.871	1.190	78.400	9.525	8.525	7.179	14.357	31.107	16.75	94.530	5.644	tidak melebihi	0.0065	
4	1	4.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	4.233	3.789	1.494	75.215	9.525	8.525	7.156	14.311	37.761	23.45	100.500	4.286	tidak melebihi	0.0050	
5	1	5.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	3.464	3.100	1.775	72.121	9.525	8.525	7.122	14.244	44.394	30.15	100.818	3.344	tidak melebihi	0.0040	
6	1	6.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	2.931	2.623	2.028	69.132	9.525	8.525	7.076	14.152	51.002	36.85	98.000	2.659	tidak melebihi	0.0034	
7	1	7.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	2.540	2.273	2.254	66.256	9.525	8.525	7.018	14.036	57.586	43.55	103.162	2.369	tidak melebihi	0.0029	
8	1	8.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	2.241	2.006	2.452	63.502	9.525	8.525	6.948	13.897	64.147	50.25	110.000	2.189	tidak melebihi	0.0025	
9	1	9.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	2.005	1.795	2.621	60.874	9.525	8.525	6.867	13.734	70.684	56.95	104.279	1.831	tidak melebihi	0.0023	
10	1	10.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.814	1.624	2.764	58.374	9.525	8.525	6.776	13.551	77.201	63.65	98.000	1.540	tidak melebihi	0.0020	
11	1	11.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.657	1.483	2.881	56.001	9.525	8.525	6.675	13.351	83.701	70.35	104.875	1.491	tidak melebihi	0.0018	
12	1	12.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.524	1.364	2.975	53.753	9.525	8.525	6.567	13.134	90.184	77.05	101.000	1.311	tidak melebihi	0.0016	
13	1	13.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.411	1.263	3.048	51.628	9.525	8.525	6.453	12.906	96.656	83.75	105.210	1.256	tidak melebihi	0.0015	
14	1	14.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.314	1.176	3.102	49.621	9.525	8.525	6.334	12.667	103.117	90.45	105.319	1.164	tidak melebihi	0.0014	
15	1	15.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.229	1.100	3.140	47.726	9.525	8.525	6.211	12.422	109.572	97.15	105.400	1.085	melebihi	0.0001	Normally Consolidated
16	1	16.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.155	1.033	3.164	45.939	9.525	8.525	6.086	12.172	116.022	103.85	113.000	1.088	melebihi	0.0135	
17	1	17.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.089	0.974	3.175	44.254	9.525	8.525	5.959	11.919	122.469	110.55	110.550	1.000	melebihi	0.0125	
18	1	18.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.030	0.922	3.175	42.664	9.525	8.525	5.832	11.665	128.915	117.25	117.250	1.000	melebihi	0.0115	
19	1	19.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.977	0.874	3.166	41.165	9.525	8.525	5.706	11.412	135.362	123.95	123.950	1.000	melebihi	0.0107	
20	1	20.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.929	0.832	3.150	39.751	9.525	8.525	5.580	11.160	141.810	130.65	130.650	1.000	melebihi	0.0100	
21	1	21.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.886	0.793	3.127	38.415	9.525	8.525	5.456	10.912	148.262	137.35	137.350	1.000	melebihi	0.0093	
22	1	22.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.847	0.758	3.099	37.154	9.525	8.525	5.334	10.668	154.718	144.05	144.050	1.000	melebihi	0.0087	
23	1	23.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.811	0.726	3.067	35.962	9.525	8.525	5.214	10.429	161.179	150.75	150.750	1.000	melebihi	0.0081	
24	1	24.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.778	0.696	3.032	34.835	9.525	8.525	5.097	10.195	167.645	157.45	157.450	1.000	melebihi	0.0076	
25	1	25.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.747	0.669	2.994	33.768	9.525	8.525	4.983	9.966	174.116	164.15	164.150	1.000	melebihi	0.0072	
26	1	26.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.719	0.643	2.954	32.757	9.525	8.525	4.872	9.743	180.593	170.85	170.850	1.000	melebihi	0.0067	
27	1	27.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.693	0.620	2.912	31.799	9.525	8.525	4.763	9.526	187.076	177.55	177.550	1.000	melebihi	0.0064	
																					Sci	0.1738	

### Lampiran 15 Hasil Consolidation Settlement Total (Lalu Lintas) dengan Timbunan 1 meter

No.	Tebal Lap (m)	Z (m)	ysat kN/m <sup>3</sup>	e <sub>0</sub>	C <sub>c</sub>	C <sub>s</sub>	B1	B2	B1 + B2 Z	B1 Z	α1	α2	(B1 + B2)/B2	B1/B2	Δp	2Δp	2Δp + Po	Po kN/m <sup>2</sup>	Pc kN/m <sup>2</sup>	Pc/Po	Keterangan	Sc (m)	Lapisan Tanah
1	1	2.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	8.420	6.820	1.569	81.658	5.263	4.263	7.193	14.386	17.736	3.35	58.271	17.394	tidak melebihi	0.0174	Overconsolidated
2	1	3.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	6.014	4.871	2.160	78.400	5.263	4.263	7.181	14.363	24.413	10.05	85.930	8.550	tidak melebihi	0.0093	
3	1	4.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	4.678	3.789	2.718	75.215	5.263	4.263	7.162	14.323	31.073	16.75	94.530	5.644	tidak melebihi	0.0064	
4	1	5.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	3.827	3.100	3.236	72.121	5.263	4.263	7.132	14.264	37.714	23.45	100.500	4.286	tidak melebihi	0.0050	
5	1	6.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	3.238	2.623	3.708	69.132	5.263	4.263	7.092	14.183	44.333	30.15	100.818	3.344	tidak melebihi	0.0040	
6	1	7.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	2.807	2.273	4.133	66.256	5.263	4.263	7.041	14.081	50.931	36.85	98.000	2.659	tidak melebihi	0.0034	
7	1	8.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	2.476	2.006	4.509	63.502	5.263	4.263	6.978	13.957	57.507	43.55	103.162	2.369	tidak melebihi	0.0029	
8	1	9.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	2.216	1.795	4.836	60.874	5.263	4.263	6.906	13.812	64.062	50.25	110.000	2.189	tidak melebihi	0.0025	
9	1	10.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	2.005	1.624	5.116	58.374	5.263	4.263	6.824	13.647	70.597	56.95	104.279	1.831	tidak melebihi	0.0022	
10	1	11.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.830	1.483	5.351	56.001	5.263	4.263	6.733	13.465	77.115	63.65	98.000	1.540	tidak melebihi	0.0020	
11	1	12.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.684	1.364	5.544	53.753	5.263	4.263	6.634	13.268	83.618	70.35	104.875	1.491	tidak melebihi	0.0018	
12	1	13.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.559	1.263	5.699	51.628	5.263	4.263	6.529	13.059	90.109	77.05	101.000	1.311	tidak melebihi	0.0016	
13	1	14.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.452	1.176	5.819	49.621	5.263	4.263	6.419	12.839	96.589	83.75	105.210	1.256	tidak melebihi	0.0015	
14	1	15.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.358	1.100	5.908	47.726	5.263	4.263	6.305	12.611	103.061	90.45	105.319	1.164	tidak melebihi	0.0014	
15	1	16.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.276	1.033	5.970	45.939	5.263	4.263	6.188	12.377	109.527	97.15	105.400	1.085	melebihi	0.0001	Normally Consolidated
16	1	17.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.203	0.974	6.008	44.254	5.263	4.263	6.070	12.139	115.989	103.85	113.000	1.088	melebihi	0.0134	
17	1	18.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.138	0.922	6.025	42.664	5.263	4.263	5.950	11.899	122.449	110.55	110.550	1.000	melebihi	0.0124	
18	1	19.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.079	0.874	6.024	41.165	5.263	4.263	5.829	11.659	128.909	117.25	117.250	1.000	melebihi	0.0115	
19	1	20.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.027	0.832	6.008	39.751	5.263	4.263	5.709	11.419	135.369	123.95	123.950	1.000	melebihi	0.0107	
20	1	21.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	0.979	0.793	5.979	38.415	5.263	4.263	5.590	11.181	141.831	130.65	130.650	1.000	melebihi	0.0100	
21	1	22.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	0.936	0.758	5.939	37.154	5.263	4.263	5.473	10.945	148.295	137.35	137.350	1.000	melebihi	0.0093	
22	1	23.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	0.896	0.726	5.890	35.962	5.263	4.263	5.357	10.713	154.763	144.05	144.050	1.000	melebihi	0.0087	
23	1	24.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	0.859	0.696	5.834	34.835	5.263	4.263	5.243	10.486	161.236	150.75	150.750	1.000	melebihi	0.0082	
24	1	25.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	0.825	0.669	5.772	33.768	5.263	4.263	5.131	10.263	167.713	157.45	157.450	1.000	melebihi	0.0077	
25	1	26.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	0.794	0.643	5.704	32.757	5.263	4.263	5.022	10.044	174.194	164.15	164.150	1.000	melebihi	0.0072	
26	1	27.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	0.765	0.620	5.634	31.799	5.263	4.263	4.916	9.831	180.681	170.85	170.850	1.000	melebihi	0.0068	
27	1	28.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	0.739	0.598	5.560	30.890	5.263	4.263	4.812	9.624	187.174	177.55	177.550	1.000	melebihi	0.0064	
																					Sci	0.1739	

**Lampiran 16** Hasil Consolidation Settlement Total (Lalu Lintas) dengan Timbunan 2 meter

No.	Tebal Lap (m)	Z (m)	ysat kN/m <sup>3</sup>	e <sub>0</sub>	C <sub>c</sub>	C <sub>s</sub>	B1	B2	B1 + B2 Z	B1 Z	α1	α2	(B1 + B2)/B2	B1/B2	Δp	2Δp	2Δp + Po	Po kN/m <sup>2</sup>	Pc kN/m <sup>2</sup>	Pc/Po kN/m <sup>2</sup>	Keterangan	Sc (m)	Lapisan Tanah
1	1	3.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	6.586	4.871	2.966	78.400	3.842	2.842	7.184	14.367	17.717	3.35	58.271	17.394	tidak melebihi	0.0174	Overconsolidated
2	1	4.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	5.122	3.789	3.738	75.215	3.842	2.842	7.166	14.332	24.382	10.05	85.930	8.550	tidak melebihi	0.0092	
3	1	5.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	4.191	3.100	4.458	72.121	3.842	2.842	7.140	14.280	31.030	16.75	94.530	5.644	tidak melebihi	0.0064	
4	1	6.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	3.546	2.623	5.120	69.132	3.842	2.842	7.104	14.208	37.658	23.45	100.500	4.286	tidak melebihi	0.0049	
5	1	7.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	3.073	2.273	5.720	66.256	3.842	2.842	7.058	14.117	44.267	30.15	100.818	3.344	tidak melebihi	0.0040	
6	1	8.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	2.712	2.006	6.256	63.502	3.842	2.842	7.003	14.006	50.856	36.85	98.000	2.659	tidak melebihi	0.0034	
7	1	9.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	2.426	1.795	6.727	60.874	3.842	2.842	6.937	13.875	57.425	43.55	103.162	2.369	tidak melebihi	0.0029	
8	1	10.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	2.195	1.624	7.135	58.374	3.842	2.842	6.863	13.726	63.976	50.25	110.000	2.189	tidak melebihi	0.0025	
9	1	11.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	2.004	1.483	7.484	56.001	3.842	2.842	6.780	13.560	70.510	56.95	104.279	1.831	tidak melebihi	0.0022	
10	1	12.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.844	1.364	7.776	53.753	3.842	2.842	6.690	13.380	77.030	63.65	98.000	1.540	tidak melebihi	0.0020	
11	1	13.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.707	1.263	8.015	51.628	3.842	2.842	6.594	13.187	83.537	70.35	104.875	1.491	tidak melebihi	0.0018	
12	1	14.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.590	1.176	8.207	49.621	3.842	2.842	6.492	12.984	90.034	77.05	101.000	1.311	tidak melebihi	0.0016	
13	1	15.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.487	1.100	8.355	47.726	3.842	2.842	6.386	12.772	96.522	83.75	105.210	1.256	tidak melebihi	0.0015	
14	1	16.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.397	1.033	8.464	45.939	3.842	2.842	6.277	12.553	103.003	90.45	105.319	1.164	tidak melebihi	0.0014	
15	1	17.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.317	0.974	8.540	44.254	3.842	2.842	6.165	12.330	109.480	97.15	105.400	1.085	melebihi	0.0001	Normally Consolidated
16	1	18.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.246	0.922	8.585	42.664	3.842	2.842	6.052	12.103	115.953	103.85	113.000	1.088	melebihi	0.0134	
17	1	19.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.182	0.874	8.604	41.165	3.842	2.842	5.938	11.875	122.425	110.55	110.550	1.000	melebihi	0.0124	
18	1	20.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.124	0.832	8.600	39.751	3.842	2.842	5.823	11.647	128.897	117.25	117.250	1.000	melebihi	0.0115	
19	1	21.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.072	0.793	8.577	38.415	3.842	2.842	5.709	11.419	135.369	123.95	123.950	1.000	melebihi	0.0107	
20	1	22.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.024	0.758	8.538	37.154	3.842	2.842	5.596	11.193	141.843	130.65	130.650	1.000	melebihi	0.0100	
21	1	23.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	0.981	0.726	8.484	35.962	3.842	2.842	5.484	10.969	148.319	137.35	137.350	1.000	melebihi	0.0093	
22	1	24.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	0.941	0.696	8.419	34.835	3.842	2.842	5.374	10.748	154.798	144.05	144.050	1.000	melebihi	0.0088	
23	1	25.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	0.904	0.669	8.343	33.768	3.842	2.842	5.266	10.531	161.281	150.75	150.750	1.000	melebihi	0.0082	
24	1	26.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	0.870	0.643	8.260	32.757	3.842	2.842	5.159	10.318	167.768	157.45	157.450	1.000	melebihi	0.0077	
25	1	27.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	0.838	0.620	8.170	31.799	3.842	2.842	5.055	10.110	174.260	164.15	164.150	1.000	melebihi	0.0073	
26	1	28.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	0.809	0.598	8.075	30.890	3.842	2.842	4.953	9.906	180.756	170.85	170.850	1.000	melebihi	0.0069	
27	1	29.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	0.781	0.578	7.976	30.026	3.842	2.842	4.853	9.707	187.257	177.55	177.550	1.000	melebihi	0.0065	
																					Sci	0.1739	

### Lampiran 17 Hasil Consolidation Settlement Total (Lalu Lintas) dengan Timbunan 3 meter

No.	Tebal Lap (m)	Z (m)	ysat kN/m <sup>3</sup>	e <sub>0</sub>	C <sub>c</sub>	C <sub>s</sub>	B1	B2	B1 + B2 Z	B1 Z	α1	α2	(B1 + B2)/B2	B1/B2	Δp	2Δp	2Δp + Po	Po kN/m <sup>2</sup>	Pc kN/m <sup>2</sup>	Pc/Po kN/m <sup>2</sup>	Keterangan	Sc (m)	Lapisan Tanah
1	1	4.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	5.567	3.789	4.601	75.215	3.131	2.131	7.170	14.339	17.689	3.35	58.271	17.394	tidak melebihi	0.0174	Overconsolidated
2	1	5.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	4.555	3.100	5.495	72.121	3.131	2.131	7.146	14.293	24.343	10.05	85.930	8.550	tidak melebihi	0.0092	
3	1	6.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	3.854	2.623	6.322	69.132	3.131	2.131	7.114	14.228	30.978	16.75	94.530	5.644	tidak melebihi	0.0064	
4	1	7.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	3.340	2.273	7.076	66.256	3.131	2.131	7.073	14.146	37.596	23.45	100.500	4.286	tidak melebihi	0.0049	
5	1	8.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	2.947	2.006	7.755	63.502	3.131	2.131	7.023	14.045	44.195	30.15	100.818	3.344	tidak melebihi	0.0040	
6	1	9.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	2.637	1.795	8.357	60.874	3.131	2.131	6.963	13.927	50.777	36.85	98.000	2.659	tidak melebihi	0.0033	
7	1	10.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	2.386	1.624	8.885	58.374	3.131	2.131	6.896	13.791	57.341	43.55	103.162	2.369	tidak melebihi	0.0029	
8	1	11.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	2.178	1.483	9.340	56.001	3.131	2.131	6.820	13.640	63.890	50.25	110.000	2.189	tidak melebihi	0.0025	
9	1	12.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	2.004	1.364	9.727	53.753	3.131	2.131	6.737	13.474	70.424	56.95	104.279	1.831	tidak melebihi	0.0022	
10	1	13.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.856	1.263	10.051	51.628	3.131	2.131	6.648	13.296	76.946	63.65	98.000	1.540	tidak melebihi	0.0020	
11	1	14.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.728	1.176	10.315	49.621	3.131	2.131	6.554	13.107	83.457	70.35	104.875	1.491	tidak melebihi	0.0018	
12	1	15.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.616	1.100	10.526	47.726	3.131	2.131	6.455	12.910	89.960	77.05	101.000	1.311	tidak melebihi	0.0016	
13	1	16.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.518	1.033	10.689	45.939	3.131	2.131	6.353	12.705	96.455	83.75	105.210	1.256	tidak melebihi	0.0015	
14	1	17.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.431	0.974	10.808	44.254	3.131	2.131	6.248	12.495	102.945	90.45	105.319	1.164	tidak melebihi	0.0013	
15	1	18.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.354	0.922	10.889	42.664	3.131	2.131	6.141	12.282	109.432	97.15	105.400	1.085	melebihi	0.0001	Normally Consolidated
16	1	19.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.285	0.874	10.936	41.165	3.131	2.131	6.033	12.065	115.915	103.85	113.000	1.088	melebihi	0.0134	
17	1	20.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.222	0.832	10.954	39.751	3.131	2.131	5.924	11.848	122.398	110.55	110.550	1.000	melebihi	0.0124	
18	1	21.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.165	0.793	10.946	38.415	3.131	2.131	5.815	11.630	128.880	117.25	117.250	1.000	melebihi	0.0115	
19	1	22.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.113	0.758	10.916	37.154	3.131	2.131	5.707	11.413	135.363	123.95	123.950	1.000	melebihi	0.0107	
20	1	23.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.066	0.726	10.867	35.962	3.131	2.131	5.599	11.198	141.848	130.65	130.650	1.000	melebihi	0.0100	
21	1	24.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.022	0.696	10.801	34.835	3.131	2.131	5.492	10.985	148.335	137.35	137.350	1.000	melebihi	0.0094	
22	1	25.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	0.982	0.669	10.722	33.768	3.131	2.131	5.387	10.775	154.825	144.05	144.050	1.000	melebihi	0.0088	
23	1	26.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	0.945	0.643	10.632	32.757	3.131	2.131	5.284	10.568	161.318	150.75	150.750	1.000	melebihi	0.0082	
24	1	27.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	0.911	0.620	10.532	31.799	3.131	2.131	5.182	10.364	167.814	157.45	157.450	1.000	melebihi	0.0078	
25	1	28.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	0.879	0.598	10.424	30.890	3.131	2.131	5.082	10.165	174.315	164.15	164.150	1.000	melebihi	0.0073	
26	1	29.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	0.849	0.578	10.310	30.026	3.131	2.131	4.985	9.969	180.819	170.85	170.850	1.000	melebihi	0.0069	
27	1	30.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	0.821	0.559	10.191	29.206	3.131	2.131	4.889	9.779	187.329	177.55	177.550	1.000	melebihi	0.0065	
																					Sci	0.1739	

## Lampiran 18 Hasil Consolidation Settlement Total (Lalu Lintas) dengan Timbunan 4 meter

## Penurunan Tanah Akibat Beban Perkerasan pada Tanah *Compressible* 27 m Zona 1

No.	Tebal Lap (m)	Z (m)	ysat kN/m <sup>3</sup>	e <sub>0</sub>	C <sub>c</sub>	C <sub>s</sub>	B1	B2	B1 + B2 Z	B1 Z	α1	α2	(B1 + B2)/B2	B1/B2	Δp	2Δp	2Δp + Po	Po kN/m <sup>2</sup>	Pc kN/m <sup>2</sup>	Pc/Po kN/m <sup>2</sup>	Keterangan	Sc (m)	Lapisan Tanah
1	1	1.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	12.700	11.367	0.526	84.972	9.525	8.525	4.199	8.398	11.748	3.35	58.271	17.394	tidak melebihi	0.0131	Overconsolidated
2	1	2.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	7.620	6.820	0.865	81.658	9.525	8.525	4.195	8.391	18.441	10.05	85.930	8.550	tidak melebihi	0.0063	
3	1	3.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	5.443	4.871	1.190	78.400	9.525	8.525	4.187	8.375	25.125	16.75	94.530	5.644	tidak melebihi	0.0042	
4	1	4.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	4.233	3.789	1.494	75.215	9.525	8.525	4.174	8.348	31.798	23.45	100.500	4.286	tidak melebihi	0.0032	
5	1	5.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	3.464	3.100	1.775	72.121	9.525	8.525	4.154	8.309	38.459	30.15	100.818	3.344	tidak melebihi	0.0025	
6	1	6.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	2.931	2.623	2.028	69.132	9.525	8.525	4.128	8.256	45.106	36.85	98.000	2.659	tidak melebihi	0.0021	
7	1	7.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	2.540	2.273	2.254	66.256	9.525	8.525	4.094	8.188	51.738	43.55	103.162	2.369	tidak melebihi	0.0018	
8	1	8.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	2.241	2.006	2.452	63.502	9.525	8.525	4.053	8.106	58.356	50.25	110.000	2.189	tidak melebihi	0.0016	
9	1	9.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	2.005	1.795	2.621	60.874	9.525	8.525	4.006	8.012	64.962	56.95	104.279	1.831	tidak melebihi	0.0014	
10	1	10.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.814	1.624	2.764	58.374	9.525	8.525	3.952	7.905	71.555	63.65	98.000	1.540	tidak melebihi	0.0012	
11	1	11.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.657	1.483	2.881	56.001	9.525	8.525	3.894	7.788	78.138	70.35	104.875	1.491	tidak melebihi	0.0011	
12	1	12.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.524	1.364	2.975	53.753	9.525	8.525	3.831	7.662	84.712	77.05	101.000	1.311	tidak melebihi	0.0010	
13	1	13.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.411	1.263	3.048	51.628	9.525	8.525	3.764	7.528	91.278	83.75	105.210	1.256	tidak melebihi	0.0009	
14	1	14.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.314	1.176	3.102	49.621	9.525	8.525	3.695	7.389	97.839	90.45	105.319	1.164	tidak melebihi	0.0008	
15	1	15.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.229	1.100	3.140	47.726	9.525	8.525	3.623	7.246	104.396	97.15	105.400	1.085	tidak melebihi	0.0008	
16	1	16.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.155	1.033	3.164	45.939	9.525	8.525	3.550	7.100	110.950	103.85	113.000	1.088	tidak melebihi	0.0080	Normally Consolidated
17	1	17.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.089	0.974	3.175	44.254	9.525	8.525	3.476	6.953	117.503	110.55	110.550	1.000	melebihi	0.0074	
18	1	18.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	1.030	0.922	3.175	42.664	9.525	8.525	3.402	6.804	124.054	117.25	117.250	1.000	melebihi	0.0069	
19	1	19.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.977	0.874	3.166	41.165	9.525	8.525	3.328	6.657	130.607	123.95	123.950	1.000	melebihi	0.0064	
20	1	20.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.929	0.832	3.150	39.751	9.525	8.525	3.255	6.510	137.160	130.65	130.650	1.000	melebihi	0.0059	
21	1	21.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.886	0.793	3.127	38.415	9.525	8.525	3.183	6.366	143.716	137.35	137.350	1.000	melebihi	0.0055	
22	1	22.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.847	0.758	3.099	37.154	9.525	8.525	3.112	6.223	150.273	144.05	144.050	1.000	melebihi	0.0051	
23	1	23.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.811	0.726	3.067	35.962	9.525	8.525	3.042	6.083	156.833	150.75	150.750	1.000	melebihi	0.0048	
24	1	24.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.778	0.696	3.032	34.835	9.525	8.525	2.973	5.947	163.397	157.45	157.450	1.000	melebihi	0.0045	
25	1	25.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.747	0.669	2.994	33.768	9.525	8.525	2.907	5.813	169.963	164.15	164.150	1.000	melebihi	0.0042	
26	1	26.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.719	0.643	2.954	32.757	9.525	8.525	2.842	5.683	176.533	170.85	170.850	1.000	melebihi	0.0040	
27	1	27.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	2	0.693	0.620	2.912	31.799	9.525	8.525	2.779	5.557	183.107	177.55	177.550	1.000	melebihi	0.0037	
																					Sci	0.1085	

**Lampiran 19** Hasil Consolidation Settlement Total (Perkerasan) dengan Timbunan 1 meter

No.	Tebal Lap (m)	Z (m)	ysat kN/m <sup>2</sup>	e <sub>0</sub>	C <sub>c</sub>	C <sub>s</sub>	B1	B2	B1 + B2 Z	B1 Z	α1	α2	(B1 + B2)/B2	B1/B2	Δp	2Δp	2Δp + Po	Po kN/m <sup>2</sup>	Pc kN/m <sup>2</sup>	Pc/Po kN/m <sup>2</sup>	Keterangan	Sc (m)	Lapisan Tanah
1	1	2.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	8.420	6.820	1.569	81.658	5.263	4.263	4.196	8.392	11.742	3.35	58.271	17.394	tidak melebihi	0.0131	Overconsolidated
2	1	3.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	6.014	4.871	2.160	78.400	5.263	4.263	4.189	8.378	18.428	10.05	85.930	8.550	tidak melebihi	0.0063	
3	1	4.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	4.678	3.789	2.718	75.215	5.263	4.263	4.178	8.355	25.105	16.75	94.530	5.644	tidak melebihi	0.0042	
4	1	5.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	3.827	3.100	3.236	72.121	5.263	4.263	4.160	8.321	31.771	23.45	100.500	4.286	tidak melebihi	0.0032	
5	1	6.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	3.238	2.623	3.708	69.132	5.263	4.263	4.137	8.274	38.424	30.15	100.818	3.344	tidak melebihi	0.0025	
6	1	7.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	2.807	2.273	4.133	66.256	5.263	4.263	4.107	8.214	45.064	36.85	98.000	2.659	tidak melebihi	0.0021	
7	1	8.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	2.476	2.006	4.509	63.502	5.263	4.263	4.071	8.142	51.692	43.55	103.162	2.369	tidak melebihi	0.0018	
8	1	9.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	2.216	1.795	4.836	60.874	5.263	4.263	4.028	8.057	58.307	50.25	110.000	2.189	tidak melebihi	0.0016	
9	1	10.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	2.005	1.624	5.116	58.374	5.263	4.263	3.980	7.961	64.911	56.95	104.279	1.831	tidak melebihi	0.0014	
10	1	11.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.830	1.483	5.351	56.001	5.263	4.263	3.927	7.855	71.505	63.65	98.000	1.540	tidak melebihi	0.0012	
11	1	12.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.684	1.364	5.544	53.753	5.263	4.263	3.870	7.740	78.090	70.35	104.875	1.491	tidak melebihi	0.0011	
12	1	13.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.559	1.263	5.699	51.628	5.263	4.263	3.809	7.618	84.668	77.05	101.000	1.311	tidak melebihi	0.0010	
13	1	14.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.452	1.176	5.819	49.621	5.263	4.263	3.745	7.489	91.239	83.75	105.210	1.256	tidak melebihi	0.0009	
14	1	15.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.358	1.100	5.908	47.726	5.263	4.263	3.678	7.356	97.806	90.45	105.319	1.164	tidak melebihi	0.0008	
15	1	16.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.276	1.033	5.970	45.939	5.263	4.263	3.610	7.220	104.370	97.15	105.400	1.085	tidak melebihi	0.0007	
16	1	17.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.203	0.974	6.008	44.254	5.263	4.263	3.541	7.081	110.931	103.85	113.000	1.088	tidak melebihi	0.0080	Normally Consolidated
17	1	18.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.138	0.922	6.025	42.664	5.263	4.263	3.471	6.941	117.491	110.55	110.550	1.000	melebihi	0.0074	
18	1	19.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.079	0.874	6.024	41.165	5.263	4.263	3.400	6.801	124.051	117.25	117.250	1.000	melebihi	0.0069	
19	1	20.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	1.027	0.832	6.008	39.751	5.263	4.263	3.330	6.661	130.611	123.95	123.950	1.000	melebihi	0.0064	
20	1	21.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	0.979	0.793	5.979	38.415	5.263	4.263	3.261	6.522	137.172	130.65	130.650	1.000	melebihi	0.0059	
21	1	22.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	0.936	0.758	5.939	37.154	5.263	4.263	3.192	6.385	143.735	137.35	137.350	1.000	melebihi	0.0055	
22	1	23.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	0.896	0.726	5.890	35.962	5.263	4.263	3.125	6.250	150.300	144.05	144.050	1.000	melebihi	0.0052	
23	1	24.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	0.859	0.696	5.834	34.835	5.263	4.263	3.058	6.117	156.867	150.75	150.750	1.000	melebihi	0.0048	
24	1	25.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	0.825	0.669	5.772	33.768	5.263	4.263	2.993	5.986	163.436	157.45	157.450	1.000	melebihi	0.0045	
25	1	26.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	0.794	0.643	5.704	32.757	5.263	4.263	2.930	5.859	170.009	164.15	164.150	1.000	melebihi	0.0043	
26	1	27.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	0.765	0.620	5.634	31.799	5.263	4.263	2.867	5.735	176.585	170.85	170.850	1.000	melebihi	0.0040	
27	1	28.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	4	0.739	0.598	5.560	30.890	5.263	4.263	2.807	5.614	183.164	177.55	177.550	1.000	melebihi	0.0038	
																					Sci	0.1086	

## Lampiran 20 Hasil Consolidation Settlement Total (Perkerasan) dengan Timbunan 2 meter

No.	Tebal Lap (m)	Z (m)	ysat kN/m <sup>3</sup>	e <sub>0</sub>	C <sub>c</sub>	Cs	B1	B2	B1 + B2 Z	B1 Z	α1	α2	(B1 + B2)/B2	B1/B2	Δp	2Δp	2Δp + Po	Po kN/m <sup>2</sup>	Pc kN/m <sup>2</sup>	Pc/Po kN/m <sup>2</sup>	Keterangan	Sc (m)	Lapisan Tanah
1	1	3.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	6.586	4.871	2.966	78.400	3.842	2.842	4.190	8.381	11.731	3.35	58.271	17.394	tidak melebihi	0.0131	Overconsolidated
2	1	4.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	5.122	3.789	3.738	75.215	3.842	2.842	4.180	8.360	18.410	10.05	85.930	8.550	tidak melebihi	0.0063	
3	1	5.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	4.191	3.100	4.458	72.121	3.842	2.842	4.165	8.330	25.080	16.75	94.530	5.644	tidak melebihi	0.0042	
4	1	6.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	3.546	2.623	5.120	69.132	3.842	2.842	4.144	8.288	31.738	23.45	100.500	4.286	tidak melebihi	0.0032	
5	1	7.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	3.073	2.273	5.720	66.256	3.842	2.842	4.117	8.235	38.385	30.15	100.818	3.344	tidak melebihi	0.0025	
6	1	8.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	2.712	2.006	6.256	63.502	3.842	2.842	4.085	8.170	45.020	36.85	98.000	2.659	tidak melebihi	0.0021	
7	1	9.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	2.426	1.795	6.727	60.874	3.842	2.842	4.047	8.094	51.644	43.55	103.162	2.369	tidak melebihi	0.0018	
8	1	10.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	2.195	1.624	7.135	58.374	3.842	2.842	4.003	8.007	58.257	50.25	110.000	2.189	tidak melebihi	0.0015	
9	1	11.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	2.004	1.483	7.484	56.001	3.842	2.842	3.955	7.910	64.860	56.95	104.279	1.831	tidak melebihi	0.0014	
10	1	12.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.844	1.364	7.776	53.753	3.842	2.842	3.902	7.805	71.455	63.65	98.000	1.540	tidak melebihi	0.0012	
11	1	13.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.707	1.263	8.015	51.628	3.842	2.842	3.846	7.692	78.042	70.35	104.875	1.491	tidak melebihi	0.0011	
12	1	14.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.590	1.176	8.207	49.621	3.842	2.842	3.787	7.574	84.624	77.05	101.000	1.311	tidak melebihi	0.0010	
13	1	15.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.487	1.100	8.355	47.726	3.842	2.842	3.725	7.450	91.200	83.75	105.210	1.256	tidak melebihi	0.0009	
14	1	16.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.397	1.033	8.464	45.939	3.842	2.842	3.661	7.323	97.773	90.45	105.319	1.164	tidak melebihi	0.0008	
15	1	17.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.317	0.974	8.540	44.254	3.842	2.842	3.596	7.192	104.342	97.15	105.400	1.085	tidak melebihi	0.0007	
16	1	18.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.246	0.922	8.585	42.664	3.842	2.842	3.530	7.060	110.910	103.85	113.000	1.088	tidak melebihi	0.0080	Normally Consolidated
17	1	19.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.182	0.874	8.604	41.165	3.842	2.842	3.464	6.927	117.477	110.55	110.550	1.000	melebihi	0.0074	
18	1	20.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.124	0.832	8.600	39.751	3.842	2.842	3.397	6.794	124.044	117.25	117.250	1.000	melebihi	0.0068	
19	1	21.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.072	0.793	8.577	38.415	3.842	2.842	3.330	6.661	130.611	123.95	123.950	1.000	melebihi	0.0064	
20	1	22.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	1.024	0.758	8.538	37.154	3.842	2.842	3.264	6.529	137.179	130.65	130.650	1.000	melebihi	0.0059	
21	1	23.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	0.981	0.726	8.484	35.962	3.842	2.842	3.199	6.398	143.748	137.35	137.350	1.000	melebihi	0.0055	
22	1	24.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	0.941	0.696	8.419	34.835	3.842	2.842	3.135	6.270	150.320	144.05	144.050	1.000	melebihi	0.0052	
23	1	25.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	0.904	0.669	8.343	33.768	3.842	2.842	3.072	6.143	156.893	150.75	150.750	1.000	melebihi	0.0049	
24	1	26.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	0.870	0.643	8.260	32.757	3.842	2.842	3.010	6.019	163.469	157.45	157.450	1.000	melebihi	0.0046	
25	1	27.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	0.838	0.620	8.170	31.799	3.842	2.842	2.949	5.897	170.047	164.15	164.150	1.000	melebihi	0.0043	
26	1	28.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	0.809	0.598	8.075	30.890	3.842	2.842	2.889	5.778	176.628	170.85	170.850	1.000	melebihi	0.0040	
27	1	29.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	6	0.781	0.578	7.976	30.026	3.842	2.842	2.831	5.662	183.212	177.55	177.550	1.000	melebihi	0.0038	
																					Sci	0.1086	

## Lampiran 21 Hasil Consolidation Settlement Total (Perkerasan) dengan Timbunan 3 meter

No.	Tebal Lap (m)	Z (m)	ysat kN/m <sup>3</sup>	e <sub>0</sub>	C <sub>c</sub>	C <sub>s</sub>	B1	B2	B1 + B2 Z	B1 Z	α1	α2	(B1 + B2)/B2	B1/B2	Δp	2Δp	2Δp + Po	Po kN/m <sup>2</sup>	Pc kN/m <sup>2</sup>	Pc/Po kN/m <sup>2</sup>	Keterangan	Sc (m)	Lapisan Tanah
1	1	4.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	5.567	3.789	4.601	75.215	3.131	2.131	4.182	8.365	11.715	3.35	58.271	17.394	tidak melebihi	0.0131	Overconsolidated
2	1	5.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	4.555	3.100	5.495	72.121	3.131	2.131	4.169	8.337	18.387	10.05	85.930	8.550	tidak melebihi	0.0063	
3	1	6.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	3.854	2.623	6.322	69.132	3.131	2.131	4.150	8.300	25.050	16.75	94.530	5.644	tidak melebihi	0.0042	
4	1	7.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	3.340	2.273	7.076	66.256	3.131	2.131	4.126	8.252	31.702	23.45	100.500	4.286	tidak melebihi	0.0031	
5	1	8.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	2.947	2.006	7.755	63.502	3.131	2.131	4.097	8.193	38.343	30.15	100.818	3.344	tidak melebihi	0.0025	
6	1	9.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	2.637	1.795	8.357	60.874	3.131	2.131	4.062	8.124	44.974	36.85	98.000	2.659	tidak melebihi	0.0021	
7	1	10.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	2.386	1.624	8.885	58.374	3.131	2.131	4.022	8.045	51.595	43.55	103.162	2.369	tidak melebihi	0.0018	
8	1	11.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	2.178	1.483	9.340	56.001	3.131	2.131	3.978	7.956	58.206	50.25	110.000	2.189	tidak melebihi	0.0015	
9	1	12.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	2.004	1.364	9.727	53.753	3.131	2.131	3.930	7.860	64.810	56.95	104.279	1.831	tidak melebihi	0.0013	
10	1	13.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.856	1.263	10.051	51.628	3.131	2.131	3.878	7.756	71.406	63.65	98.000	1.540	tidak melebihi	0.0012	
11	1	14.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.728	1.176	10.315	49.621	3.131	2.131	3.823	7.646	77.996	70.35	104.875	1.491	tidak melebihi	0.0011	
12	1	15.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.616	1.100	10.526	47.726	3.131	2.131	3.765	7.531	84.581	77.05	101.000	1.311	tidak melebihi	0.0010	
13	1	16.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.518	1.033	10.689	45.939	3.131	2.131	3.706	7.411	91.161	83.75	105.210	1.256	tidak melebihi	0.0009	Normally Consolidated
14	1	17.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.431	0.974	10.808	44.254	3.131	2.131	3.644	7.289	97.739	90.45	105.319	1.164	tidak melebihi	0.0008	
15	1	18.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.354	0.922	10.889	42.664	3.131	2.131	3.582	7.164	104.314	97.15	105.400	1.085	tidak melebihi	0.0007	
16	1	19.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.285	0.874	10.936	41.165	3.131	2.131	3.519	7.038	110.888	103.85	113.000	1.088	tidak melebihi	0.0080	
17	1	20.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.222	0.832	10.954	39.751	3.131	2.131	3.456	6.911	117.461	110.55	110.500	1.000	melebihi	0.0074	
18	1	21.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.165	0.793	10.946	38.415	3.131	2.131	3.392	6.784	124.034	117.25	117.250	1.000	melebihi	0.0068	
19	1	22.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.113	0.758	10.916	37.154	3.131	2.131	3.329	6.658	130.608	123.95	123.950	1.000	melebihi	0.0064	
20	1	23.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.066	0.726	10.867	35.962	3.131	2.131	3.266	6.532	137.182	130.65	130.650	1.000	melebihi	0.0059	
21	1	24.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	1.022	0.696	10.801	34.835	3.131	2.131	3.204	6.408	143.758	137.35	137.350	1.000	melebihi	0.0055	
22	1	25.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	0.982	0.669	10.722	33.768	3.131	2.131	3.143	6.285	150.335	144.05	144.050	1.000	melebihi	0.0052	
23	1	26.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	0.945	0.643	10.632	32.757	3.131	2.131	3.082	6.164	156.914	150.75	150.750	1.000	melebihi	0.0049	
24	1	27.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	0.911	0.620	10.532	31.799	3.131	2.131	3.023	6.046	163.496	157.45	157.450	1.000	melebihi	0.0046	
25	1	28.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	0.879	0.598	10.424	30.890	3.131	2.131	2.965	5.929	170.079	164.15	164.150	1.000	melebihi	0.0043	
26	1	29.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	0.849	0.578	10.310	30.026	3.131	2.131	2.908	5.816	176.666	170.85	170.850	1.000	melebihi	0.0041	
27	1	30.5	16.7	1.5	0.7	0.0600	17.05	8	0.821	0.559	10.191	29.206	3.131	2.131	2.852	5.704	183.254	177.55	177.550	1.000	melebihi	0.0038	
																					Sci	0.1085	

**Lampiran 22 Hasil Consolidation Settlement Total (Perkerasan) dengan Timbunan 4 meter**



### Lapisan Tanah Compressible 10 m Zona 2

No.	Tebal Lap (m)	Z (m)	ysat kN/m <sup>3</sup>	e <sub>0</sub>	C <sub>c</sub>	C <sub>s</sub>	B1	B2	B1 + B2 Z	B1 Z	α1	α2	(B1 + B2)/B2	B1/B2	Δp	2Δp	2Δp + Po	Po kN/m <sup>2</sup>	Pc kN/m <sup>2</sup>	Pc/Po kN/m <sup>2</sup>	Keterangan	Sc (m)
1	1	0.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	2	38.100	34.100	0.176	88.320	9.525	8.525	9.000	18.000	21.400	3.4	61.54783	18.102	tidak melebihi	0.0172
2	1	1.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	2	12.700	11.367	0.526	84.972	9.525	8.525	8.998	17.996	28.196	10.2	90.69541	8.892	tidak melebihi	0.0095
3	1	2.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	2	7.620	6.820	0.865	81.658	9.525	8.525	8.990	17.980	34.980	17	99.73042	5.866	tidak melebihi	0.0068
4	1	3.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	2	5.443	4.871	1.190	78.400	9.525	8.525	8.973	17.946	41.746	23.8	103.9473	4.368	tidak melebihi	0.0053
5	1	4.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	2	4.233	3.789	1.494	75.215	9.525	8.525	8.945	17.889	48.489	30.6	106.3073	3.474	tidak melebihi	0.0043
6	1	5.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	2	3.464	3.100	1.775	72.121	9.525	8.525	8.902	17.805	55.205	37.4	105	2.807	tidak melebihi	0.0036
7	1	6.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	2	2.931	2.623	2.028	69.132	9.525	8.525	8.845	17.690	61.890	44.2	108.7399	2.460	tidak melebihi	0.0032
8	1	7.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	2	2.540	2.273	2.254	66.256	9.525	8.525	8.773	17.546	68.546	51	110	2.157	tidak melebihi	0.0028
9	1	8.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	2	2.241	2.006	2.452	63.502	9.525	8.525	8.685	17.371	75.171	57.8	109.8883	1.901	tidak melebihi	0.0025
10	1	9.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	2	2.005	1.795	2.621	60.874	9.525	8.525	8.584	17.168	81.768	64.6	110.2365	1.706	tidak melebihi	0.0022
																					Sci	0.0573

### Lampiran 23 Hasil Consolidation Settlement Total dengan Timbunan 1 meter

No.	Tebal Lap (m)	Z (m)	ysat kN/m <sup>3</sup>	e <sub>0</sub>	C <sub>c</sub>	C <sub>s</sub>	B1	B2	B1 + B2 Z	B1 Z	α1	α2	(B1 + B2)/B2	B1/B2	Δp	2Δp	2Δp + Po	Po kN/m <sup>2</sup>	Pc kN/m <sup>2</sup>	Pc/Po kN/m <sup>2</sup>	Keterangan	Sc (m)
1	1	0.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	4	42.100	34.100	0.319	88.320	5.263	4.263	18.000	36.000	39.400	3.4	61.548	18.102	tidak melebihi	0.0229
2	1	1.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	4	14.033	11.367	0.952	84.972	5.263	4.263	17.996	35.992	46.192	10.2	90.695	8.892	tidak melebihi	0.0141
3	1	2.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	4	8.420	6.820	1.569	81.658	5.263	4.263	17.983	35.965	52.965	17	99.73	5.866	tidak melebihi	0.0106
4	1	3.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	4	6.014	4.871	2.160	78.400	5.263	4.263	17.954	35.907	59.707	23.8	103.95	4.368	tidak melebihi	0.0086
5	1	4.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	4	4.678	3.789	2.718	75.215	5.263	4.263	17.904	35.808	66.408	30.6	106.31	3.474	tidak melebihi	0.0073
6	1	5.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	4	3.827	3.100	3.236	72.121	5.263	4.263	17.830	35.660	73.060	37.4	105	2.807	tidak melebihi	0.0063
7	1	6.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	4	3.238	2.623	3.708	69.132	5.263	4.263	17.729	35.459	79.659	44.2	108.74	2.460	tidak melebihi	0.0055
8	1	7.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	4	2.807	2.273	4.133	66.256	5.263	4.263	17.601	35.203	86.203	51	110	2.157	tidak melebihi	0.0049
9	1	8.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	4	2.476	2.006	4.509	63.502	5.263	4.263	17.446	34.892	92.692	57.8	109.89	1.901	tidak melebihi	0.0044
10	1	9.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	4	2.216	1.795	4.836	60.874	5.263	4.263	17.265	34.529	99.129	64.6	110.24	1.706	tidak melebihi	0.0040
																					Sci	0.0888

### Lampiran 24 Hasil Consolidation Settlement Total dengan Timbunan 2 meter

No.	Tebal Lap (m)	Z (m)	ysat kN/m <sup>3</sup>	e <sub>0</sub>	C <sub>c</sub>	C <sub>s</sub>	B1	B2	B1 + B2 Z	B1 Z	α1	α2	(B1 + B2)/B2	B1/B2	Δp	2Δp	2Δp + Po	Po kN/m <sup>2</sup>	Pc kN/m <sup>2</sup>	Pc/Po kN/m <sup>2</sup>	Keterangan	Sc (m)
1	1	0.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	6	46.100	34.100	0.437	88.320	3.842	2.842	27.000	54.000	57.400	3.4	61.54783	18.102	tidak melebihi	0.0265
2	1	1.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	6	15.367	11.367	1.304	84.972	3.842	2.842	26.995	53.990	64.190	10.2	90.69541	8.892	tidak melebihi	0.0172
3	1	2.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	6	9.220	6.820	2.152	81.658	3.842	2.842	26.977	53.954	70.954	17	99.73042	5.866	tidak melebihi	0.0134
4	1	3.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	6	6.586	4.871	2.966	78.400	3.842	2.842	26.939	53.877	77.677	23.8	103.9473	4.368	tidak melebihi	0.0111
5	1	4.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	6	5.122	3.789	3.738	75.215	3.842	2.842	26.873	53.745	84.345	30.6	106.3073	3.474	tidak melebihi	0.0095
6	1	5.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	6	4.191	3.100	4.458	72.121	3.842	2.842	26.774	53.549	90.949	37.4	105	2.807	tidak melebihi	0.0083
7	1	6.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	6	3.546	2.623	5.120	69.132	3.842	2.842	26.641	53.281	97.481	44.2	108.7399	2.460	tidak melebihi	0.0074
8	1	7.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	6	3.073	2.273	5.720	66.256	3.842	2.842	26.469	52.938	103.938	51	110	2.157	tidak melebihi	0.0067
9	1	8.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	6	2.712	2.006	6.256	63.502	3.842	2.842	26.260	52.521	110.321	57.8	109.8883	1.901	melebihi	0.0000
10	1	9.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	6	2.426	1.795	6.727	60.874	3.842	2.842	26.015	52.030	116.630	64.6	110.2365	1.706	melebihi	0.0002
																					Sci	0.1002

## Lampiran 25 Hasil Consolidation Settlement Total dengan Timbunan 3 meter

No.	Tebal Lap (m)	Z (m)	ysat kN/m <sup>3</sup>	e <sub>0</sub>	C <sub>c</sub>	C <sub>s</sub>	B1	B2	B1 + B2 Z	B1 Z	α1	α2	(B1 + B2)/B2	B1/B2	Δp	2Δp	2Δp + Po	Po kN/m <sup>2</sup>	Pc kN/m <sup>2</sup>	Pc/Po kN/m <sup>2</sup>	Keterangan	Sc (m)
1	1	0.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	8	50.100	34.100	0.536	88.320	3.131	2.131	36.000	72.000	75.400	3.4	61.548	18.102	melebihi	0.0024
2	1	1.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	8	16.700	11.367	1.601	84.972	3.131	2.131	35.994	71.988	82.188	10.2	90.695	8.892	tidak melebihi	0.0195
3	1	2.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	8	10.020	6.820	2.642	81.658	3.131	2.131	35.973	71.946	88.946	17	99.73	5.866	tidak melebihi	0.0155
4	1	3.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	8	7.157	4.871	3.647	78.400	3.131	2.131	35.927	71.854	95.654	23.8	103.95	4.368	tidak melebihi	0.0130
5	1	4.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	8	5.567	3.789	4.601	75.215	3.131	2.131	35.849	71.697	102.297	30.6	106.31	3.474	tidak melebihi	0.0113
6	1	5.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	8	4.555	3.100	5.495	72.121	3.131	2.131	35.731	71.463	108.863	37.4	105	2.807	melebihi	0.0002
7	1	6.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	8	3.854	2.623	6.322	69.132	3.131	2.131	35.571	71.142	115.342	44.2	108.74	2.460	melebihi	0.0002
8	1	7.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	8	3.340	2.273	7.076	66.256	3.131	2.131	35.365	70.731	121.731	51	110	2.157	melebihi	0.0004
9	1	8.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	8	2.947	2.006	7.755	63.502	3.131	2.131	35.114	70.227	128.027	57.8	109.89	1.901	melebihi	0.0005
10	1	9.5	16.8	1.45	0.86	0.0528	17.05	8	2.637	1.795	8.357	60.874	3.131	2.131	34.817	69.634	134.234	64.6	110.24	1.706	melebihi	0.0006
																					Sci	0.0637

## Lampiran 26 Hasil Consolidation Settlement Total dengan Timbunan 4 meter

## Penurunan Akibat Beban Timbunan Bertahap Zona 1

Kedalaman (m)	Po kN/m <sup>2</sup>	Pc' kN/m <sup>2</sup>	$\bar{\sigma}_1$ kN/m <sup>2</sup> (b)	a + b	Keterangan	Cc	Cs	e <sub>0</sub>	Sc (m)
1	3.350	58.27	5.735	9.085	OC1	0.7	0.06	1.5	0.0104
2	10.050	85.93	6.339	16.389	OC1	0.7	0.06	1.5	0.0051
3	16.750	94.53	6.522	23.272	OC1	0.7	0.06	1.5	0.0034
4	23.450	100.50	6.612	30.062	OC1	0.7	0.06	1.5	0.0026
5	30.150	100.82	6.666	36.816	OC1	0.7	0.06	1.5	0.0021
6	36.850	98.00	6.702	43.552	OC1	0.7	0.06	1.5	0.0017
7	43.550	103.16	6.728	50.278	OC1	0.7	0.06	1.5	0.0015
8	50.250	110.00	6.747	56.997	OC1	0.7	0.06	1.5	0.0013
9	56.950	104.28	6.762	63.712	OC1	0.7	0.06	1.5	0.0012
10	63.650	98.00	6.774	70.424	OC1	0.7	0.06	1.5	0.0011
11	70.350	104.88	6.784	77.134	OC1	0.7	0.06	1.5	0.0010
12	77.050	101.00	6.792	83.842	OC1	0.7	0.06	1.5	0.0009
13	83.750	105.21	6.799	90.549	OC1	0.7	0.06	1.5	0.0008
14	90.450	105.32	6.805	97.255	OC1	0.7	0.06	1.5	0.0008
15	97.150	105.40	6.810	103.960	OC1	0.7	0.06	1.5	0.0007
16	103.850	113.00	6.814	110.664	NC	0.7	0.06	1.5	0.0077
17	110.550	110.55	6.818	117.368	NC	0.7	0.06	1.5	0.0073
18	117.250	117.25	6.822	124.072	NC	0.7	0.06	1.5	0.0069
19	123.950	123.95	6.825	130.775	NC	0.7	0.06	1.5	0.0065
20	130.650	130.65	6.828	137.478	NC	0.7	0.06	1.5	0.0062
21	137.350	137.35	6.830	144.180	NC	0.7	0.06	1.5	0.0059
22	144.050	144.05	6.833	150.883	NC	0.7	0.06	1.5	0.0056
23	150.750	150.75	6.835	157.585	NC	0.7	0.06	1.5	0.0054
24	157.450	157.45	6.837	164.287	NC	0.7	0.06	1.5	0.0052
25	164.150	164.15	6.839	170.989	NC	0.7	0.06	1.5	0.0050
26	170.850	170.85	6.840	177.690	NC	0.7	0.06	1.5	0.0048
27	177.550	177.55	6.842	184.392	NC	0.7	0.06	1.5	0.0046
								Sc Total	0.1055

### Lampiran 27 Penurunan total akibat beban timbunan tahap 1

Kedalaman (m)	Po kN/m <sup>2</sup> (a)	Pc' kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_1$ kN/m <sup>2</sup> (b)	$\sigma_2$ kN/m <sup>2</sup> (c)	a + b + c	Keterangan	Cc	Cs	e <sub>0</sub>	Sc (m)
1	3.350	58.27	5.735	5.777	14.862	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0051
2	10.050	85.93	6.339	5.936	22.324	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0032
3	16.750	94.53	6.522	6.021	29.293	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0024
4	23.450	100.50	6.612	6.075	36.137	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0019
5	30.150	100.82	6.666	6.111	42.927	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0016
6	36.850	98.00	6.702	6.138	49.690	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0014
7	43.550	103.16	6.728	6.159	56.436	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0012
8	50.250	110.00	6.747	6.175	63.171	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0011
9	56.950	104.28	6.762	6.188	69.899	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0010
10	63.650	98.00	6.774	6.198	76.622	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0009
11	70.350	104.88	6.784	6.207	83.341	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0008
12	77.050	101.00	6.792	6.215	90.057	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0007
13	83.750	105.21	6.799	6.221	96.770	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0007
14	90.450	105.32	6.805	6.227	103.482	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0006
15	97.150	105.40	6.810	6.232	110.192	OC2	0.7	0.060049	1.5	0.0001
16	103.850	113.00	6.814	6.236	116.901	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0067
17	110.550	110.55	6.818	6.240	123.609	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0063
18	117.250	117.25	6.822	6.244	130.316	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0060
19	123.950	123.95	6.825	6.247	137.022	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0057
20	130.650	130.65	6.828	6.250	143.728	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0054
21	137.350	137.35	6.830	6.253	150.433	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0052
22	144.050	144.05	6.833	6.255	157.138	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0049
23	150.750	150.75	6.835	6.257	163.842	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0047
24	157.450	157.45	6.837	6.259	170.546	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0045
25	164.150	164.15	6.839	6.261	177.250	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0044
26	170.850	170.85	6.840	6.263	183.953	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0042
27	177.550	177.55	6.842	6.265	190.657	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0041
									Sc Total	0.0848

## Lampiran 28 Penurunan total akibat beban timbunan tahap 2

Kedalaman (m)	Po kN/m <sup>2(a)</sup>	Pc' kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_1$ kN/m <sup>2(b)</sup>	$\sigma_2$ kN/m <sup>2(c)</sup>	$\sigma_3$ kN/m <sup>2(d)</sup>	a + b + c + d	Keterangan	Cc	Cs	e <sub>0</sub>	Sc (m)
1	3.350	58.27	5.735	5.777	5.203	20.065	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0031
2	10.050	85.93	6.339	5.936	5.283	27.607	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0022
3	16.750	94.53	6.522	6.021	5.334	34.627	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0017
4	23.450	100.50	6.612	6.075	5.371	41.508	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0014
5	30.150	100.82	6.666	6.111	5.398	48.325	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0012
6	36.850	98.00	6.702	6.138	5.419	55.109	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0011
7	43.550	103.16	6.728	6.159	5.435	61.871	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0010
8	50.250	110.00	6.747	6.175	5.449	68.620	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0009
9	56.950	104.28	6.762	6.188	5.460	75.359	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0008
10	63.650	98.00	6.774	6.198	5.469	82.091	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0007
11	70.350	104.88	6.784	6.207	5.477	88.818	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0007
12	77.050	101.00	6.792	6.215	5.484	95.541	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0006
13	83.750	105.21	6.799	6.221	5.490	102.261	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0006
14	90.450	105.32	6.805	6.227	5.496	108.978	OC2	0.7	0.060049	1.5	0.0000
15	97.150	105.40	6.810	6.232	5.501	115.692	OC2	0.7	0.060049	1.5	0.0001
16	103.850	113.00	6.814	6.236	5.505	122.406	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0056
17	110.550	110.55	6.818	6.240	5.509	129.117	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0053
18	117.250	117.25	6.822	6.244	5.512	135.828	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0050
19	123.950	123.95	6.825	6.247	5.515	142.537	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0048
20	130.650	130.65	6.828	6.250	5.518	149.246	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0046
21	137.350	137.35	6.830	6.253	5.521	155.954	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0044
22	144.050	144.05	6.833	6.255	5.523	162.661	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0042
23	150.750	150.75	6.835	6.257	5.525	169.368	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0040
24	157.450	157.45	6.837	6.259	5.527	176.074	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0039
25	164.150	164.15	6.839	6.261	5.529	182.779	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0037
26	170.850	170.85	6.840	6.263	5.531	189.485	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0036
27	177.550	177.55	6.842	6.265	5.533	196.189	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0035
										Sc Total	0.0688

## Lampiran 29 Penurunan total akibat beban timbunan tahap 3

Kedalaman (m)	Po kN/m <sup>2</sup> (a)	Pc' kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_1$ kN/m <sup>2</sup> (b)	$\sigma_2$ kN/m <sup>2</sup> (c)	$\sigma_3$ kN/m <sup>2</sup> (d)	$\sigma_4$ kN/m <sup>2</sup> (e)	a + b + c + d + e	Keterangan	Cc	Cs	e <sub>0</sub>	Sc (m)
1	3.350	58.271	5.735	5.777	5.203	4.362	24.427	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0021
2	10.050	85.930	6.339	5.936	5.283	4.409	32.016	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0015
3	16.750	94.530	6.522	6.021	5.334	4.443	39.071	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0013
4	23.450	100.500	6.612	6.075	5.371	4.469	45.977	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0011
5	30.150	100.818	6.666	6.111	5.398	4.489	52.814	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0009
6	36.850	98.000	6.702	6.138	5.419	4.505	59.614	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0008
7	43.550	103.162	6.728	6.159	5.435	4.519	66.390	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0007
8	50.250	110.000	6.747	6.175	5.449	4.530	73.150	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0007
9	56.950	104.279	6.762	6.188	5.460	4.539	79.898	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0006
10	63.650	98.000	6.774	6.198	5.469	4.547	86.638	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0006
11	70.350	104.875	6.784	6.207	5.477	4.554	93.372	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0005
12	77.050	101.000	6.792	6.215	5.484	4.560	100.101	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0005
13	83.750	105.210	6.799	6.221	5.490	4.566	106.826	OC2	0.7	0.060049	1.5	0.0000
14	90.450	105.319	6.805	6.227	5.496	4.571	113.548	OC2	0.7	0.060049	1.5	0.0001
15	97.150	105.400	6.810	6.232	5.501	4.575	120.267	OC2	0.7	0.060049	1.5	0.0001
16	103.850	113.000	6.814	6.236	5.505	4.579	126.984	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0045
17	110.550	110.550	6.818	6.240	5.509	4.582	133.700	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0042
18	117.250	117.250	6.822	6.244	5.512	4.586	140.413	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0040
19	123.950	123.950	6.825	6.247	5.515	4.588	147.126	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0039
20	130.650	130.650	6.828	6.250	5.518	4.591	153.837	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0037
21	137.350	137.350	6.830	6.253	5.521	4.594	160.548	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0035
22	144.050	144.050	6.833	6.255	5.523	4.596	167.257	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0034
23	150.750	150.750	6.835	6.257	5.525	4.598	173.966	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0033
24	157.450	157.450	6.837	6.259	5.527	4.600	180.674	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0031
25	164.150	164.150	6.839	6.261	5.529	4.602	187.381	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0030
26	170.850	170.850	6.840	6.263	5.531	4.604	194.088	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0029
27	177.550	177.550	6.842	6.265	5.533	4.605	200.794	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0028
											Sc Total	0.0538

### Lampiran 30 Penurunan total akibat beban timbunan tahap 4

Kedalaman n (m)	Po kN/m <sup>2(a)</sup>	Pc' kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_1$ kN/m <sup>2(b)</sup>	$\sigma_2$ kN/m <sup>2(c)</sup>	$\sigma_3$ kN/m <sup>2(d)</sup>	$\sigma_4$ kN/m <sup>2(e)</sup>	$\sigma_5$ kN/m <sup>2(f)</sup>	a + b + c + d + e + f	Keterangan	Cc	Cs	e <sub>0</sub>	Sc (m)
1	3.350	58.271	5.735	5.777	5.203	4.362	3.255	27.682	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0013
2	10.050	85.930	6.339	5.936	5.283	4.409	3.284	35.300	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0010
3	16.750	94.530	6.522	6.021	5.334	4.443	3.306	42.376	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0008
4	23.450	100.500	6.612	6.075	5.371	4.469	3.323	49.300	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0007
5	30.150	100.818	6.666	6.111	5.398	4.489	3.337	56.152	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0006
6	36.850	98.000	6.702	6.138	5.419	4.505	3.349	62.963	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0006
7	43.550	103.162	6.728	6.159	5.435	4.519	3.359	69.749	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0005
8	50.250	110.000	6.747	6.175	5.449	4.530	3.367	76.517	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0005
9	56.950	104.279	6.762	6.188	5.460	4.539	3.374	83.273	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0004
10	63.650	98.000	6.774	6.198	5.469	4.547	3.381	90.019	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0004
11	70.350	104.875	6.784	6.207	5.477	4.554	3.386	96.759	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0004
12	77.050	101.000	6.792	6.215	5.484	4.560	3.391	103.492	OC2	0.7	0.060049	1.5	0.0000
13	83.750	105.210	6.799	6.221	5.490	4.566	3.396	110.222	OC2	0.7	0.060049	1.5	0.0000
14	90.450	105.319	6.805	6.227	5.496	4.571	3.400	116.948	OC2	0.7	0.060049	1.5	0.0001
15	97.150	105.400	6.810	6.232	5.501	4.575	3.403	123.670	OC2	0.7	0.060049	1.5	0.0001
16	103.850	113.000	6.814	6.236	5.505	4.579	3.406	130.391	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0032
17	110.550	110.550	6.818	6.240	5.509	4.582	3.409	137.109	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0031
18	117.250	117.250	6.822	6.244	5.512	4.586	3.412	143.825	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0029
19	123.950	123.950	6.825	6.247	5.515	4.588	3.414	150.540	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0028
20	130.650	130.650	6.828	6.250	5.518	4.591	3.417	157.254	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0027
21	137.350	137.350	6.830	6.253	5.521	4.594	3.419	163.966	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0026
22	144.050	144.050	6.833	6.255	5.523	4.596	3.421	170.678	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0025
23	150.750	150.750	6.835	6.257	5.525	4.598	3.423	177.388	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0024
24	157.450	157.450	6.837	6.259	5.527	4.600	3.424	184.098	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0023
25	164.150	164.150	6.839	6.261	5.529	4.602	3.426	190.807	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0022
26	170.850	170.850	6.840	6.263	5.531	4.604	3.427	197.515	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0021
27	177.550	177.550	6.842	6.265	5.533	4.605	3.429	204.223	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0021
												Sc Total	0.0383

### Lampiran 31 Penurunan total akibat beban timbunan tahap 5

Kedalaman (m)	Po kN/m <sup>2</sup> (a)	Pc' kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_1$ kN/m <sup>2</sup> (b)	$\sigma_2$ kN/m <sup>2</sup> (c)	$\sigma_3$ kN/m <sup>2</sup> (d)	$\sigma_4$ kN/m <sup>2</sup> (e)	$\sigma_5$ kN/m <sup>2</sup> (f)	$\sigma_6$ kN/m <sup>2</sup> (f)	a + b + c + d + e + f + g	Keterangan	Cc	Cs	e <sub>0</sub>	Sc (m)
1	3.350	58.271	5.735	5.777	5.203	4.362	3.255	1.836	29.518	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0007
2	10.050	85.930	6.339	5.936	5.283	4.409	3.284	1.850	37.150	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0005
3	16.750	94.530	6.522	6.021	5.334	4.443	3.306	1.862	44.238	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0004
4	23.450	100.500	6.612	6.075	5.371	4.469	3.323	1.871	51.171	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0004
5	30.150	100.818	6.666	6.111	5.398	4.489	3.337	1.879	58.031	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0003
6	36.850	98.000	6.702	6.138	5.419	4.505	3.349	1.886	64.849	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0003
7	43.550	103.162	6.728	6.159	5.435	4.519	3.359	1.891	71.640	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0003
8	50.250	110.000	6.747	6.175	5.449	4.530	3.367	1.896	78.413	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0003
9	56.950	104.279	6.762	6.188	5.460	4.539	3.374	1.901	85.173	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0002
10	63.650	98.000	6.774	6.198	5.469	4.547	3.381	1.904	91.924	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0002
11	70.350	104.875	6.784	6.207	5.477	4.554	3.386	1.908	98.666	OC1	0.7	0.060049	1.5	0.0002
12	77.050	101.000	6.792	6.215	5.484	4.560	3.391	1.911	105.403	OC2	0.7	0.060049	1.5	0.0003
13	83.750	105.210	6.799	6.221	5.490	4.566	3.396	1.913	112.135	OC2	0.7	0.060049	1.5	0.0004
14	90.450	105.319	6.805	6.227	5.496	4.571	3.400	1.916	118.864	OC2	0.7	0.060049	1.5	0.0008
15	97.150	105.400	6.810	6.232	5.501	4.575	3.403	1.918	125.589	OC2	0.7	0.060049	1.5	0.0012
16	103.850	113.000	6.814	6.236	5.505	4.579	3.406	1.920	132.311	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0018
17	110.550	110.550	6.818	6.240	5.509	4.582	3.409	1.922	139.031	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0017
18	117.250	117.250	6.822	6.244	5.512	4.586	3.412	1.924	145.749	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0016
19	123.950	123.950	6.825	6.247	5.515	4.588	3.414	1.925	152.466	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0015
20	130.650	130.650	6.828	6.250	5.518	4.591	3.417	1.927	159.181	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0015
21	137.350	137.350	6.830	6.253	5.521	4.594	3.419	1.928	165.895	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0014
22	144.050	144.050	6.833	6.255	5.523	4.596	3.421	1.929	172.607	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0014
23	150.750	150.750	6.835	6.257	5.525	4.598	3.423	1.931	179.319	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0013
24	157.450	157.450	6.837	6.259	5.527	4.600	3.424	1.932	186.030	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0013
25	164.150	164.150	6.839	6.261	5.529	4.602	3.426	1.933	192.740	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0012
26	170.850	170.850	6.840	6.263	5.531	4.604	3.427	1.934	199.449	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0012
27	177.550	177.550	6.842	6.265	5.533	4.605	3.429	1.935	206.158	NC	0.7	0.060049	1.5	0.0011
													Sc Total	0.0237

## Lampiran 32 Penurunan total akibat beban timbunan tahap 6





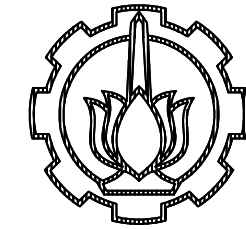
Penulis bernama Zakky Rachmadi Ma'ruf, dilahirkan di Surabaya 20 Januari 1997, merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Dharma Wanita (Sidoarjo), SD Wedoro I (Sidoarjo), SMP Negeri 22 (Surabaya), dan SMA Negeri 20 (Surabaya). Penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Jurusan Diploma Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi - ITS pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 3114041019. Di departemen Teknik Infrastruktur Sipil

ini penulis mengambil proyek akhir terapan dengan bidang studi Geoteknik. Penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan seminar, pelatihan, dan kepanitiaan.

*Contact Person:*

Email : [zakkyrachmadimaruf@yahoo.co.id](mailto:zakkyrachmadimaruf@yahoo.co.id)

No. Hp : 0812 – 4901 – 5080



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM DIPLOMA IV  
TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL

## MATA KULIAH

Proyek Akhir Terapan

## JUDUL GAMBAR

Denah Lokasi dan Potongan Memanjang

## DOSEN PEMBIMBING

M. Khoiri, ST. MT. PhD

## NAMA MAHASISWA

Zakky Rachmadi Ma'ruf  
10111410000019

## KETERANGAN

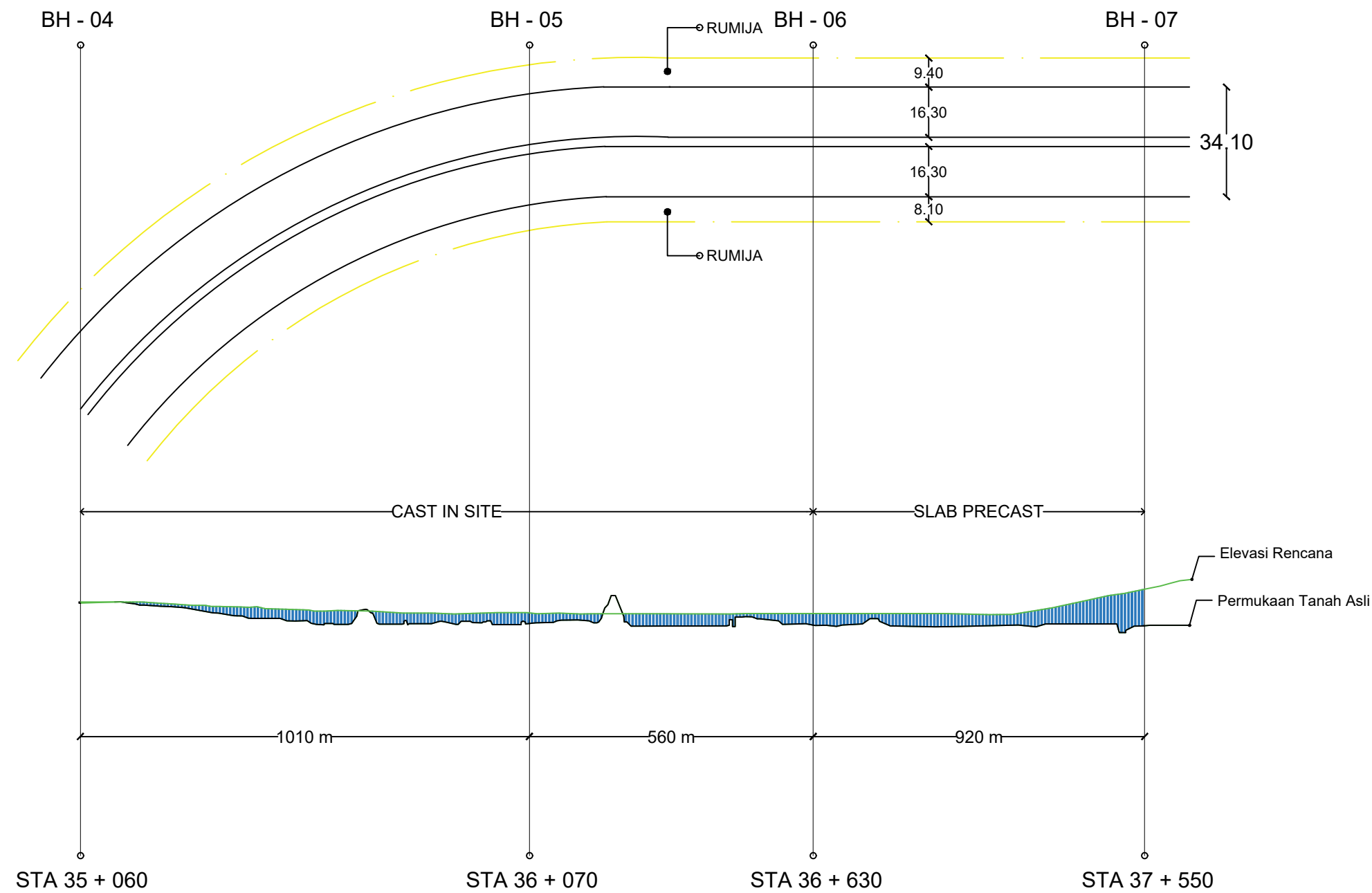
## KODE GAMBAR

NO.

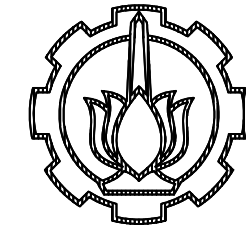
1

JUMLAH

21



DENAH LOKASI DAN POTONGAN MEMANJANG



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM DIPLOMA IV  
TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL

## MATA KULIAH

Proyek Akhir Terapan

## JUDUL GAMBAR

Denah Lokasi dan Potongan Memanjang

## DOSEN PEMBIMBING

M. Khoiri, ST. MT. PhD

## NAMA MAHASISWA

Zakky Rachmadi Ma'ruf  
10111410000019

## KETERANGAN

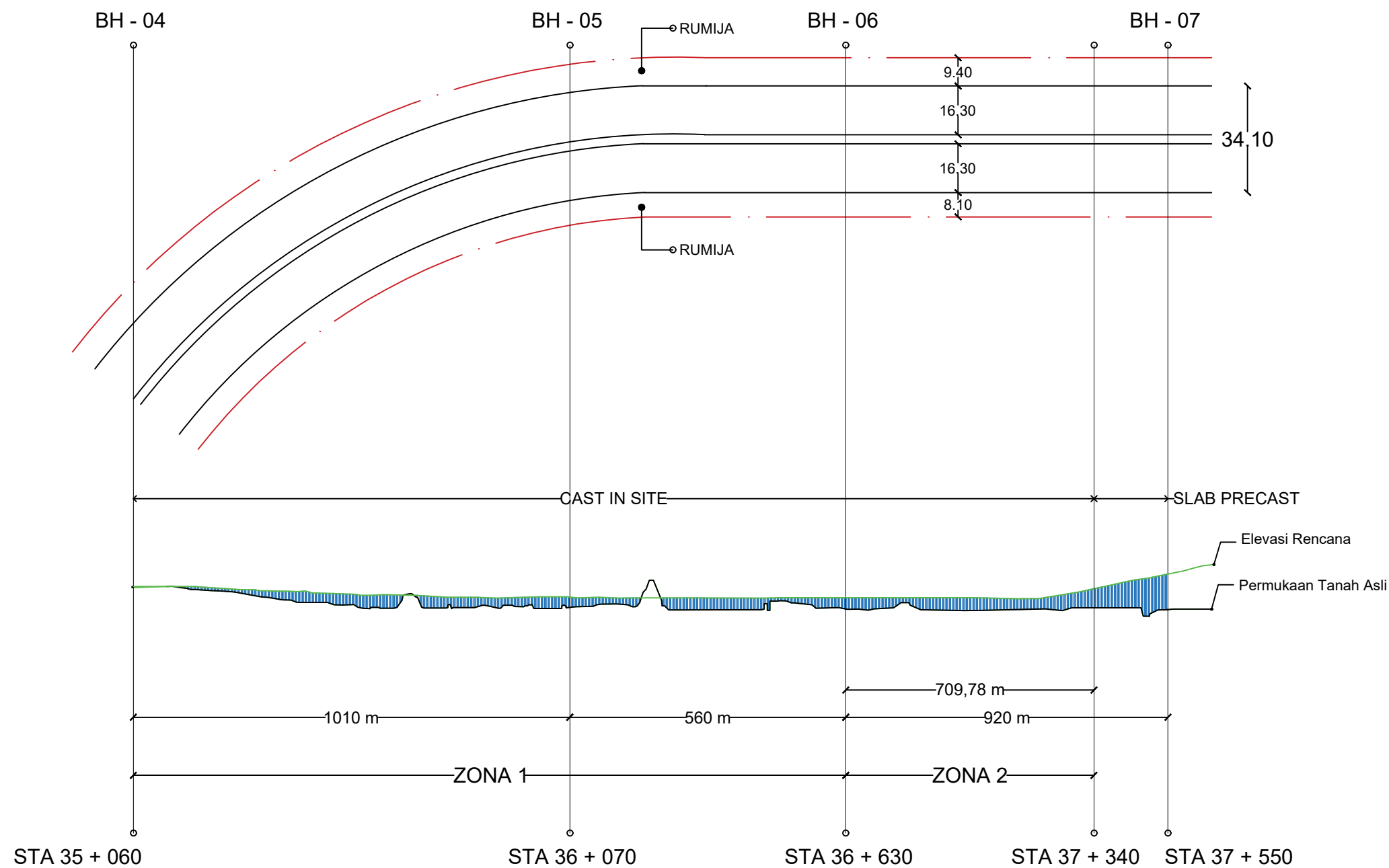
## KODE GAMBAR

NO.

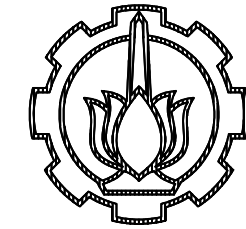
2

JUMLAH

21



DENAH LOKASI DAN POTONGAN MEMANJANG



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM DIPLOMA IV  
TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL

## MATA KULIAH

Proyek Akhir Terapan

## JUDUL GAMBAR

Potongan Memanjang & Stratigrafi Tanah  
BH - 04 s.d BH - 07

## DOSEN PEMBIMBING

M. Khoiri, ST. MT. PhD

## NAMA MAHASISWA

Zakky Rachmadi Ma'ruf  
10111410000019

## KETERANGAN

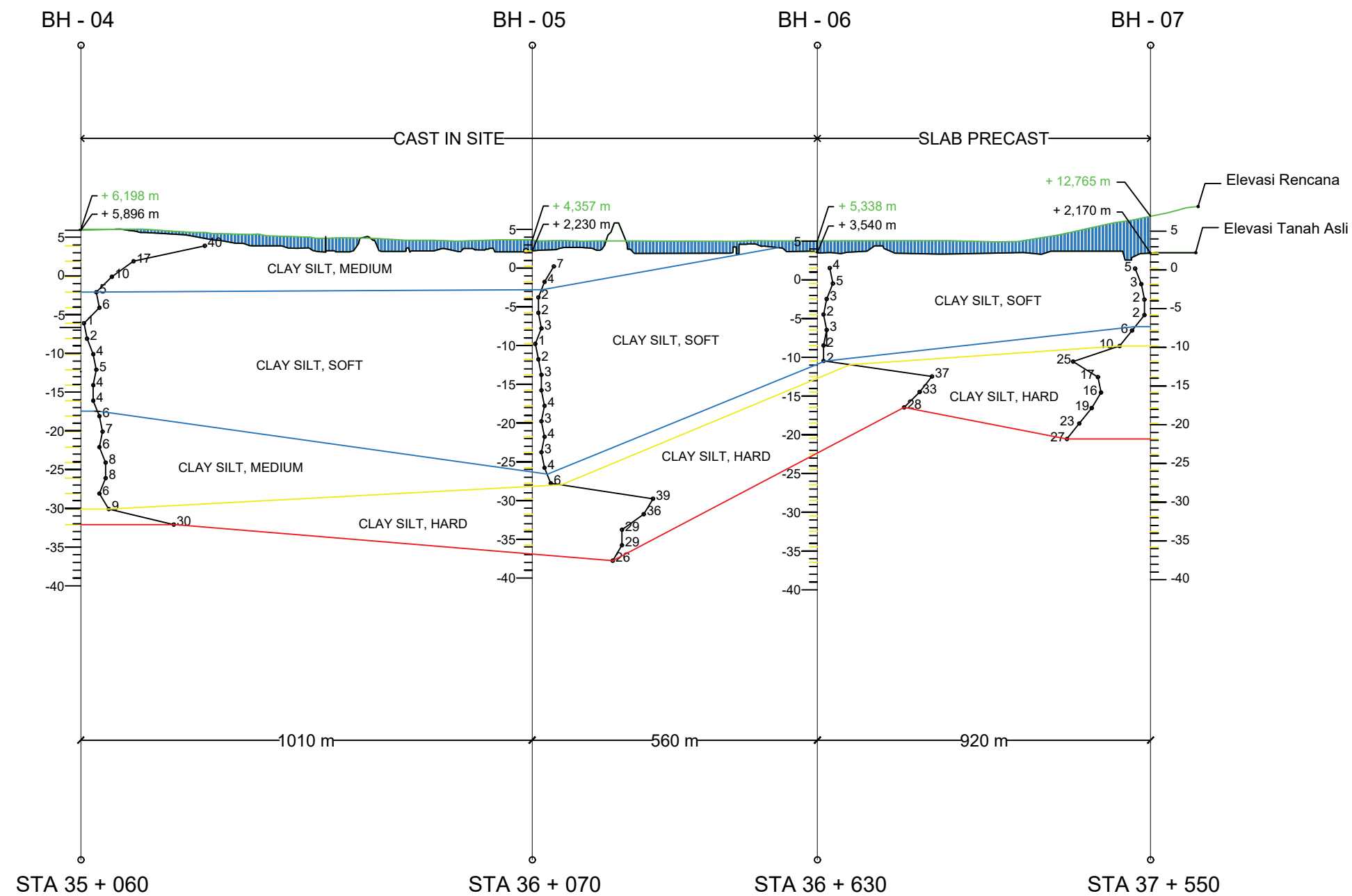
## KODE GAMBAR

NO.

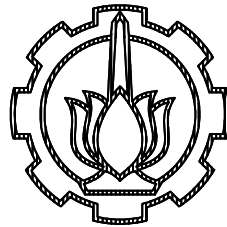
3

JUMLAH

21



POTONGAN MEMANJANG & STRATIGRAFI TANAH BH 04 - BH 07



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM DIPLOMA IV  
TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL

MATA KULIAH

Proyek Akhir Terapan

JUDUL GAMBAR

Potongan Memanjang & Stratigrafi Tanah  
BH - 04 s.d BH - 07

DOSEN PEMBIMBING

M. Khoiri, ST. MT. PhD

NAMA MAHASISWA

Zakky Rachmadi Ma'ruf  
10111410000019

KETERANGAN

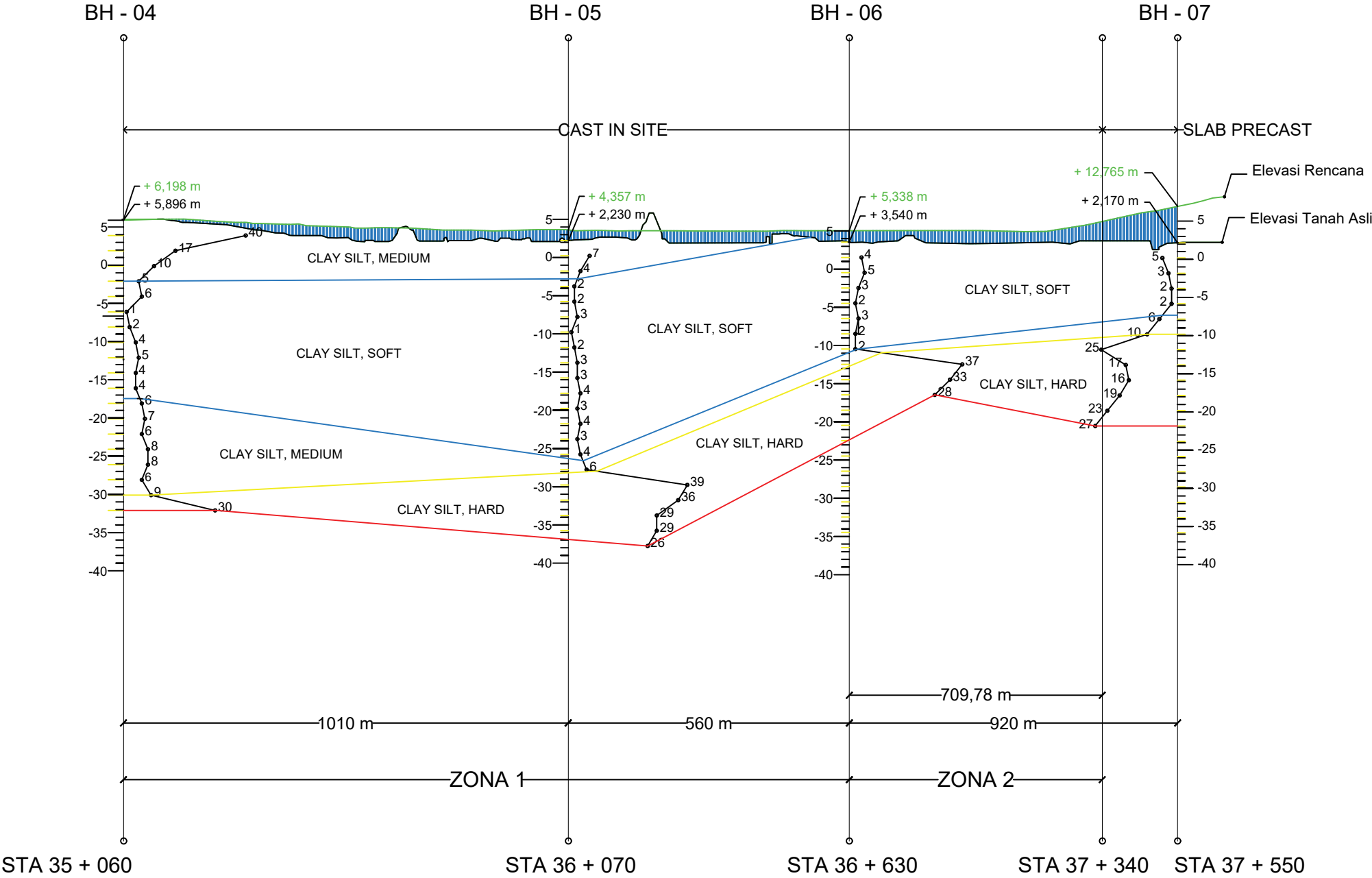
KODE GAMBAR

NO.

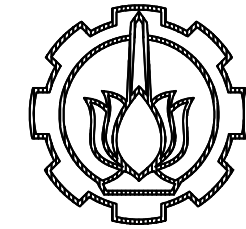
4

JUMLAH

21



POTONGAN MEMANJANG & STRATIGRAFI TANAH BH 04 - BH 07



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM DIPLOMA IV  
TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL

## MATA KULIAH

Proyek Akhir Terapan

## JUDUL GAMBAR

Potongan Memanjang & Kedalaman Tanah Lunak BH - 04 s.d BH - 07

## DOSEN PEMBIMBING

M. Khoiri, ST. MT. PhD

## NAMA MAHASISWA

Zakky Rachmadi Ma'ruf  
10111410000019

## KETERANGAN

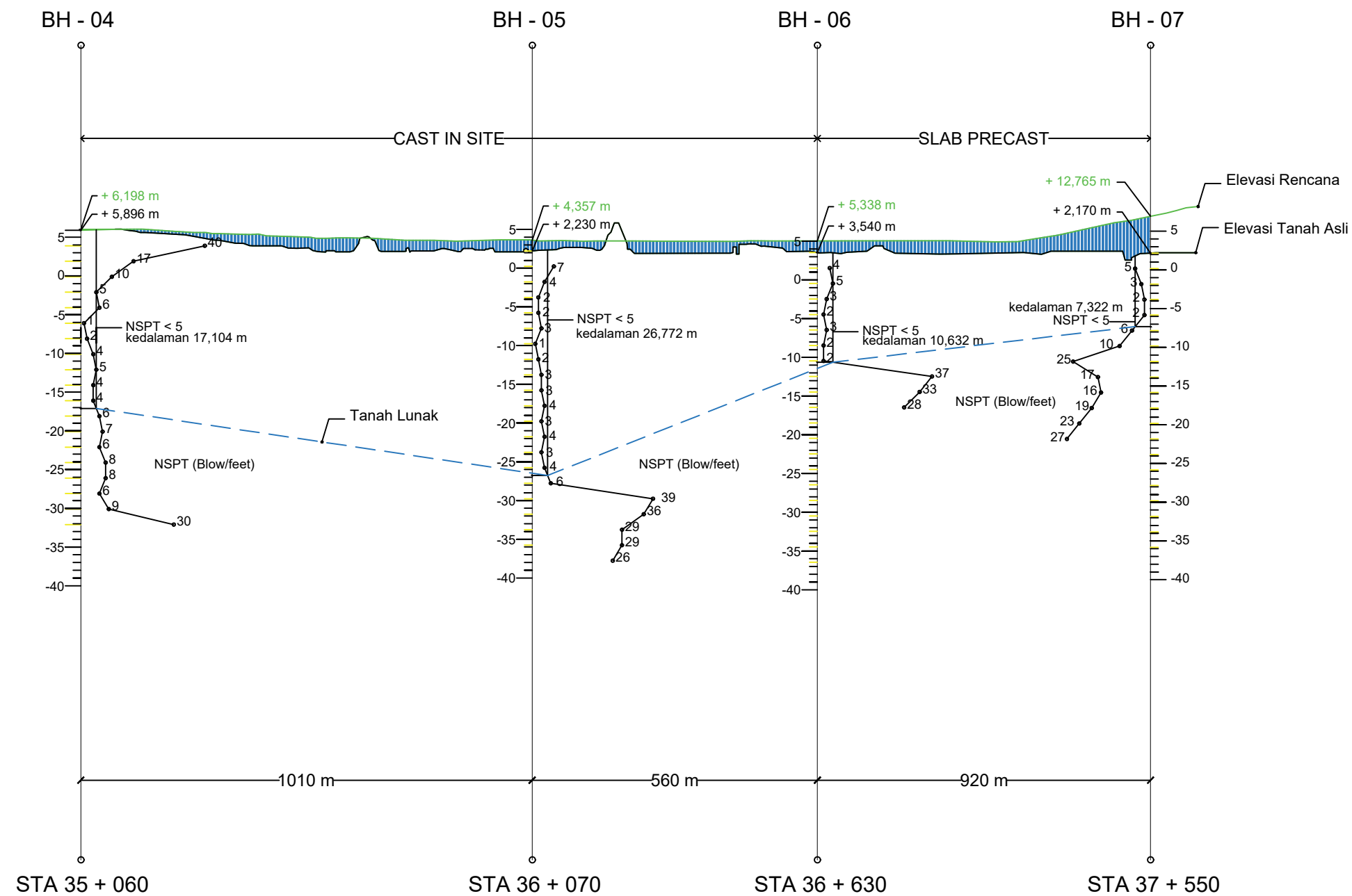
## KODE GAMBAR

NO.

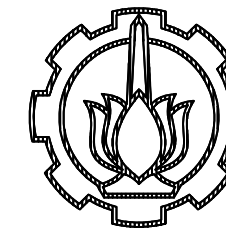
5

JUMLAH

21



POTONGAN MEMANJANG & KEDALAMAN TANAH LUNAK BH 04 - BH 07



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM DIPLOMA IV  
TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL

## MATA KULIAH

Proyek Akhir Terapan

## JUDUL GAMBAR

Potongan Memanjang & Kedalaman Tanah Lunak BH - 04 s.d BH - 07

## DOSEN PEMBIMBING

M. Khoiri, ST. MT. PhD

## NAMA MAHASISWA

Zakky Rachmadi Ma'ruf  
10111410000019

## KETERANGAN

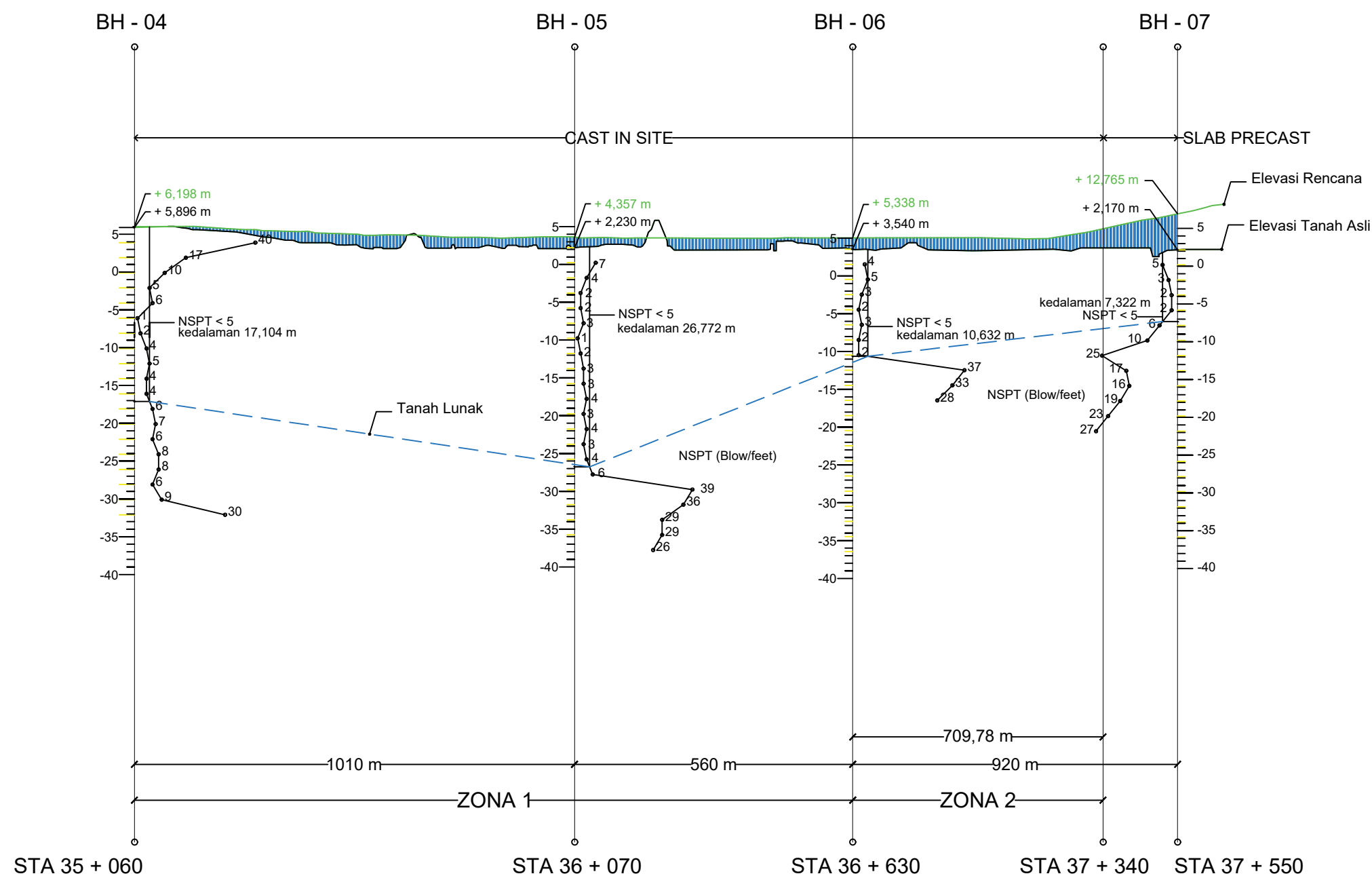
## KODE GAMBAR

NO.

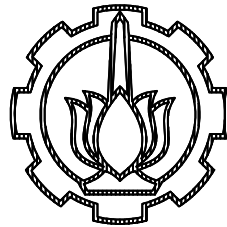
6

JUMLAH

21



POTONGAN MEMANJANG & KEDALAMAN TANAH LUNAK BH 04 - BH 07



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM DIPLOMA IV  
TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL

MATA KULIAH

Proyek Akhir Terapan

JUDUL GAMBAR

Potongan Memanjang & Soil Description

DOSEN PEMBIMBING

M. Khoiri, ST. MT. PhD

NAMA MAHASISWA

Zakky Rachmadi Ma'ruf  
10111410000019

KETERANGAN

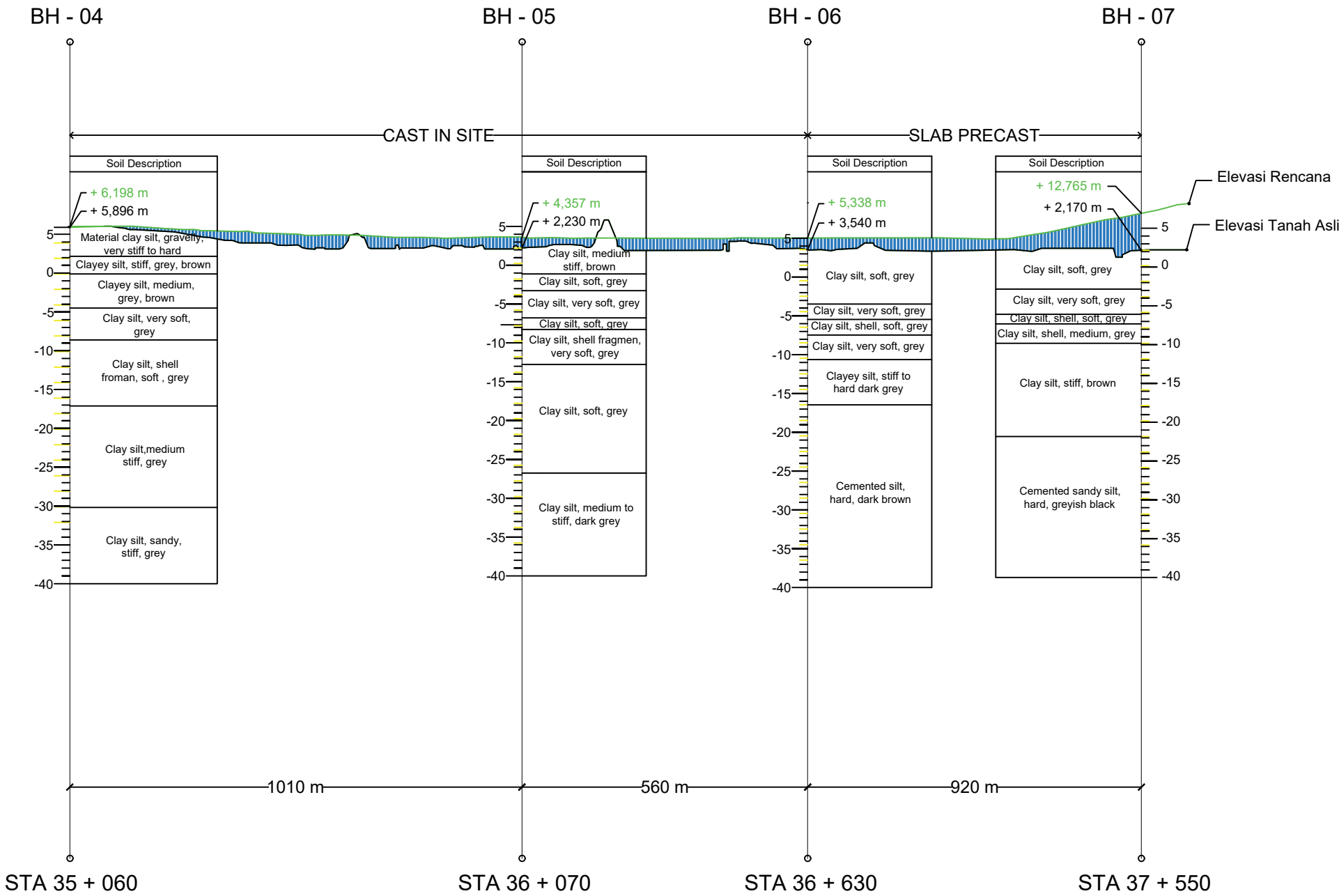
KODE GAMBAR

NO.

7

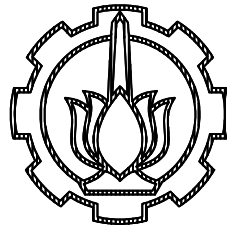
JUMLAH

21



POTONGAN MEMANJANG & SOIL DESCRIPTION





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM DIPLOMA IV  
TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL

MATA KULIAH

Proyek Akhir Terapan

JUDUL GAMBAR

Potongan Memanjang & Soil Description

DOSEN PEMBIMBING

M. Khoiri, ST. MT. PhD

NAMA MAHASISWA

Zakky Rachmadi Ma'ruf  
10111410000019

KETERANGAN

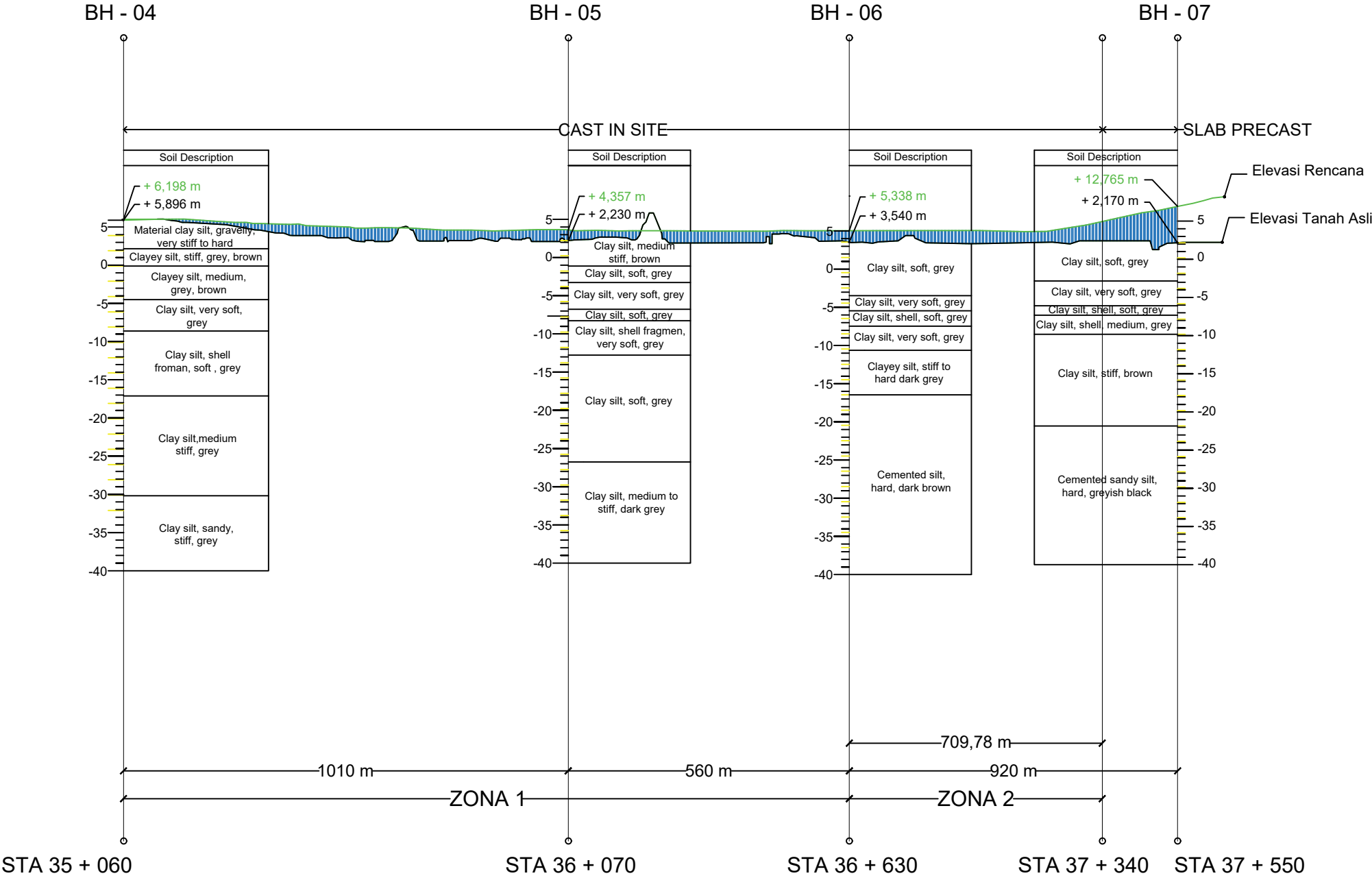
KODE GAMBAR

NO.

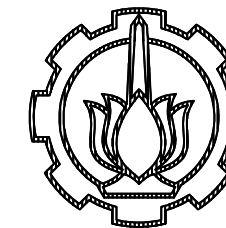
8

JUMLAH

21



POTONGAN MEMANJANG & SOIL DESCRIPTION



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM DIPLOMA IV  
TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL

## MATA KULIAH

Proyek Akhir Terapan

## JUDUL GAMBAR

Zona PVD dan Tanpa PVD

## DOSEN PEMBIMBING

M. Khoiri, ST. MT. PhD

## NAMA MAHASISWA

Zakky Rachmadi Ma'ruf  
10111410000019

## KETERANGAN

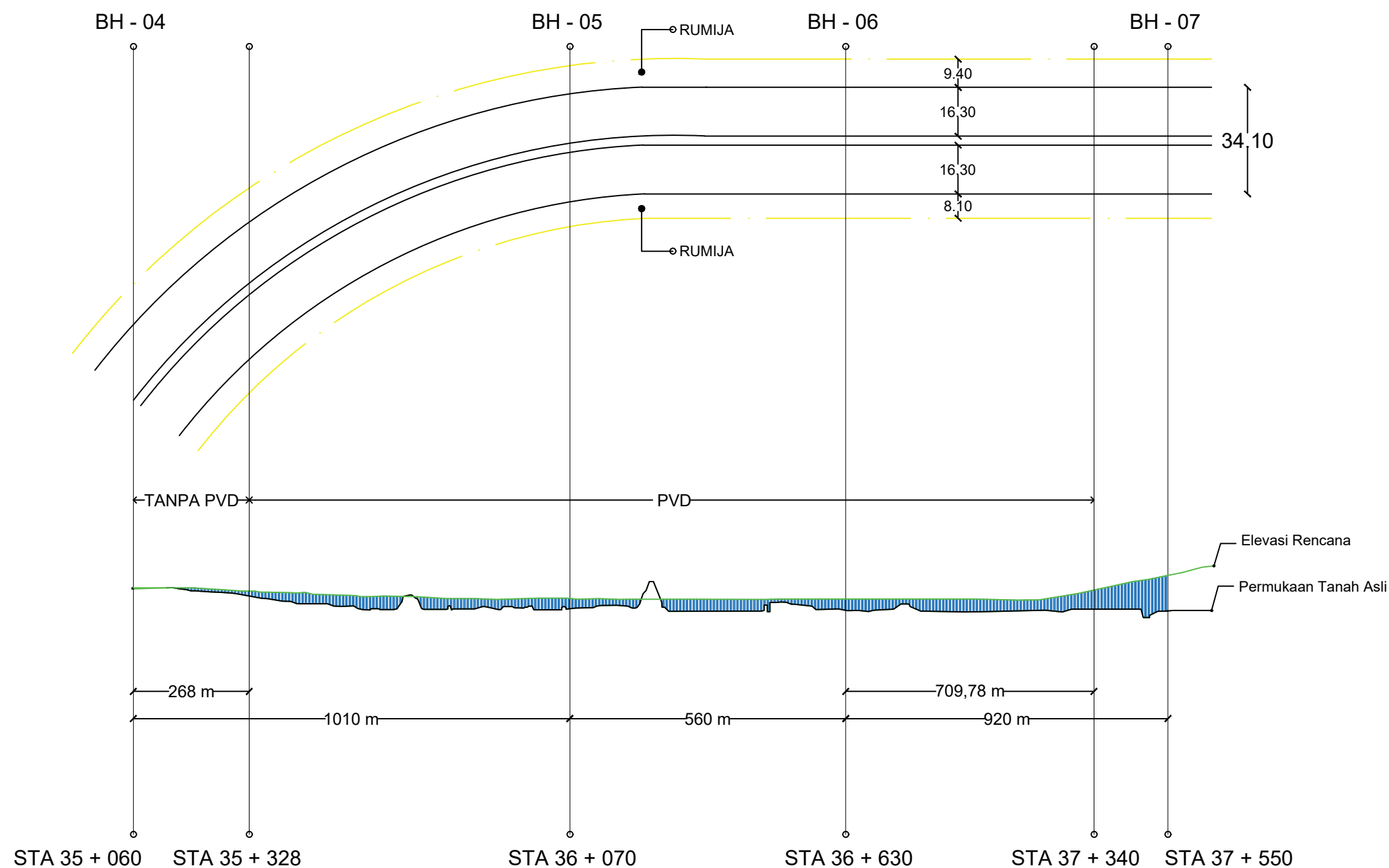
## KODE GAMBAR

NO.

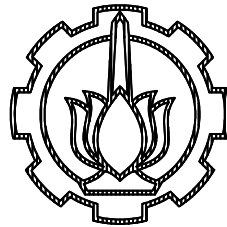
9

JUMLAH

21



ZONA PVD DAN TANPA PVD



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM DIPLOMA IV  
TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL

MATA KULIAH

Proyek Akhir Terapan

JUDUL GAMBAR

DENAH LOKASI DAN POTONGAN  
MEMANJANG

DOSEN PEMBIMBING

M. Khoiri, ST. MT. PhD

NAMA MAHASISWA

Zakky Rachmadi Ma'ruf  
10111410000019

KETERANGAN

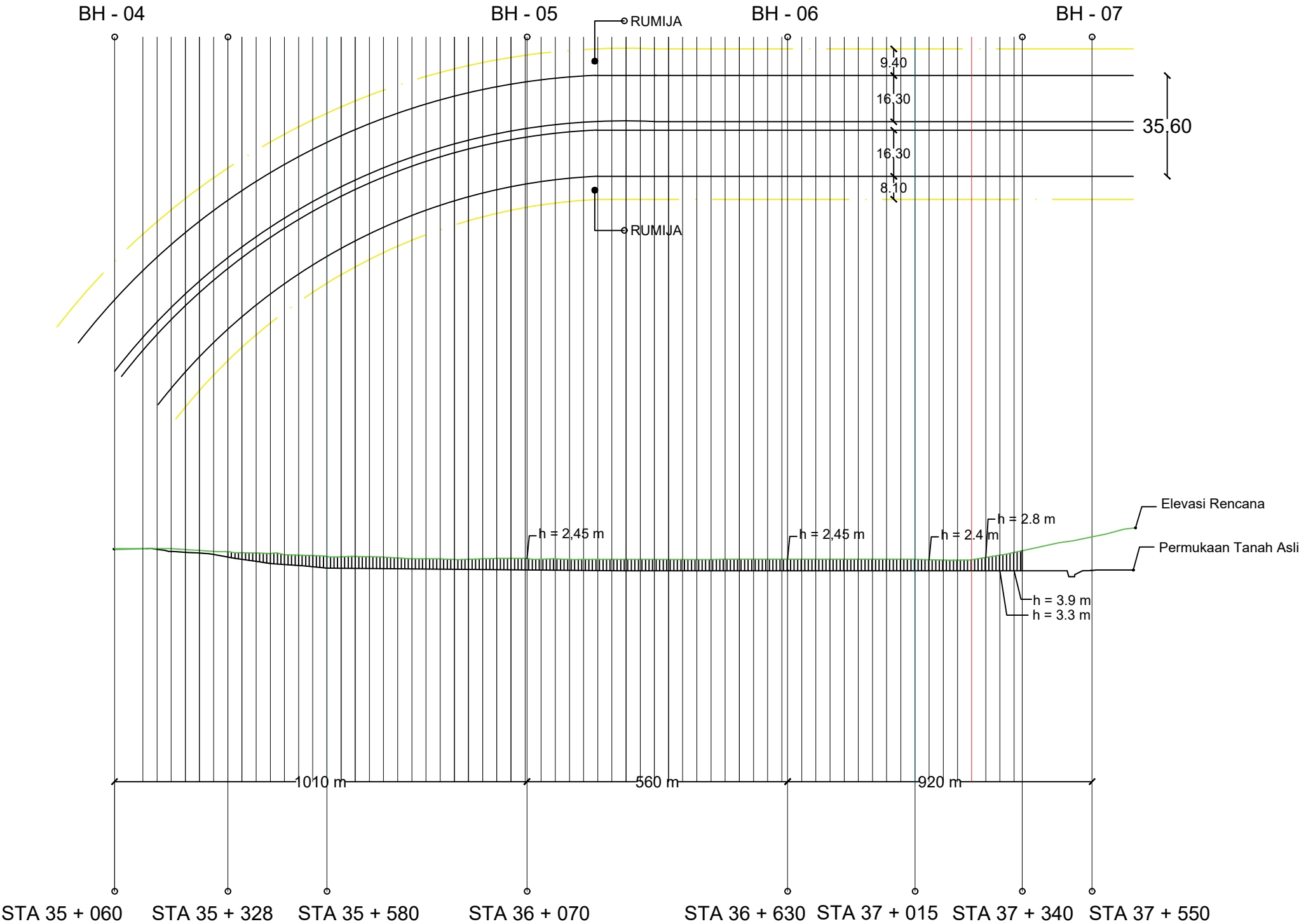
KODE GAMBAR

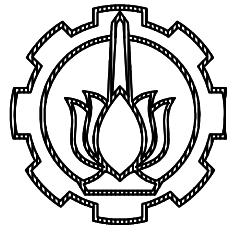
NO.

10

JUMLAH

21





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM DIPLOMA IV  
TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL

MATA KULIAH

Proyek Akhir Terapan

JUDUL GAMBAR

Tipikal Potongan Melintang Pile Slab

DOSEN PEMBIMBING

M. Khoiri, ST. MT. PhD

NAMA MAHASISWA

Zakky Rachmadi Ma'ruf  
10111410000019

KETERANGAN

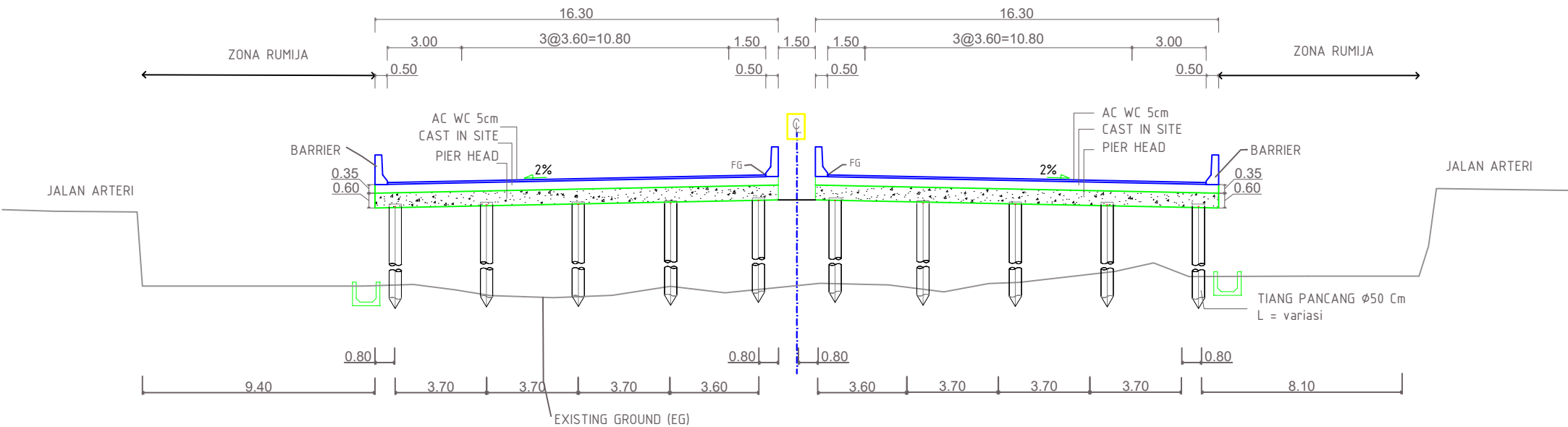
KODE GAMBAR

NO.

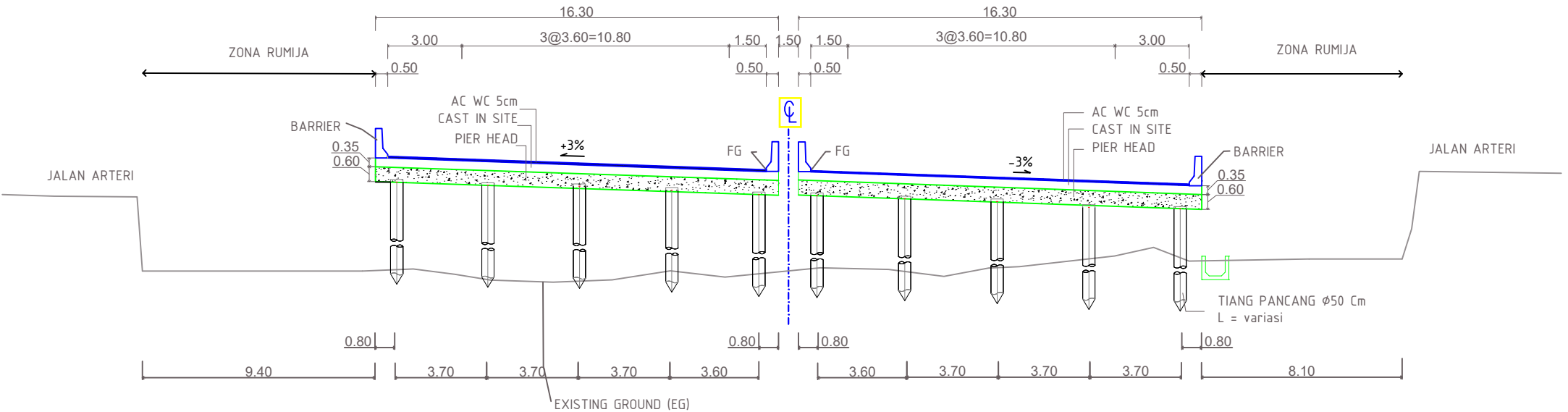
11

JUMLAH

21



TIPIKAL POTONGAN MELINTANG PILE SLAB STA 35 + 475 - 36 + 625



TIPIKAL POTONGAN MELINTANG PILE SLAB STA 35 + 060 - 35 + 450



## Proyek Akhir Terapan

## Potongan Melintang BH - 05

## M. Khoiri, ST. MT. PhD

Zakky Rachmadi Ma'ruf  
10111410000019

### KODE GAMBAR

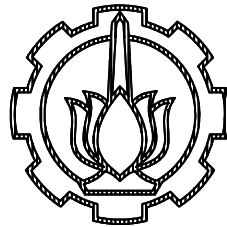
NO.

12

**JUMLAH**

21





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM DIPLOMA IV  
TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL

MATA KULIAH

Proyek Akhir Terapan

JUDUL GAMBAR

Potongan Melintang BH - 06

DOSEN PEMBIMBING

M. Khoiri, ST. MT. PhD

NAMA MAHASISWA

Zakky Rachmadi Ma'ruf  
10111410000019

KETERANGAN

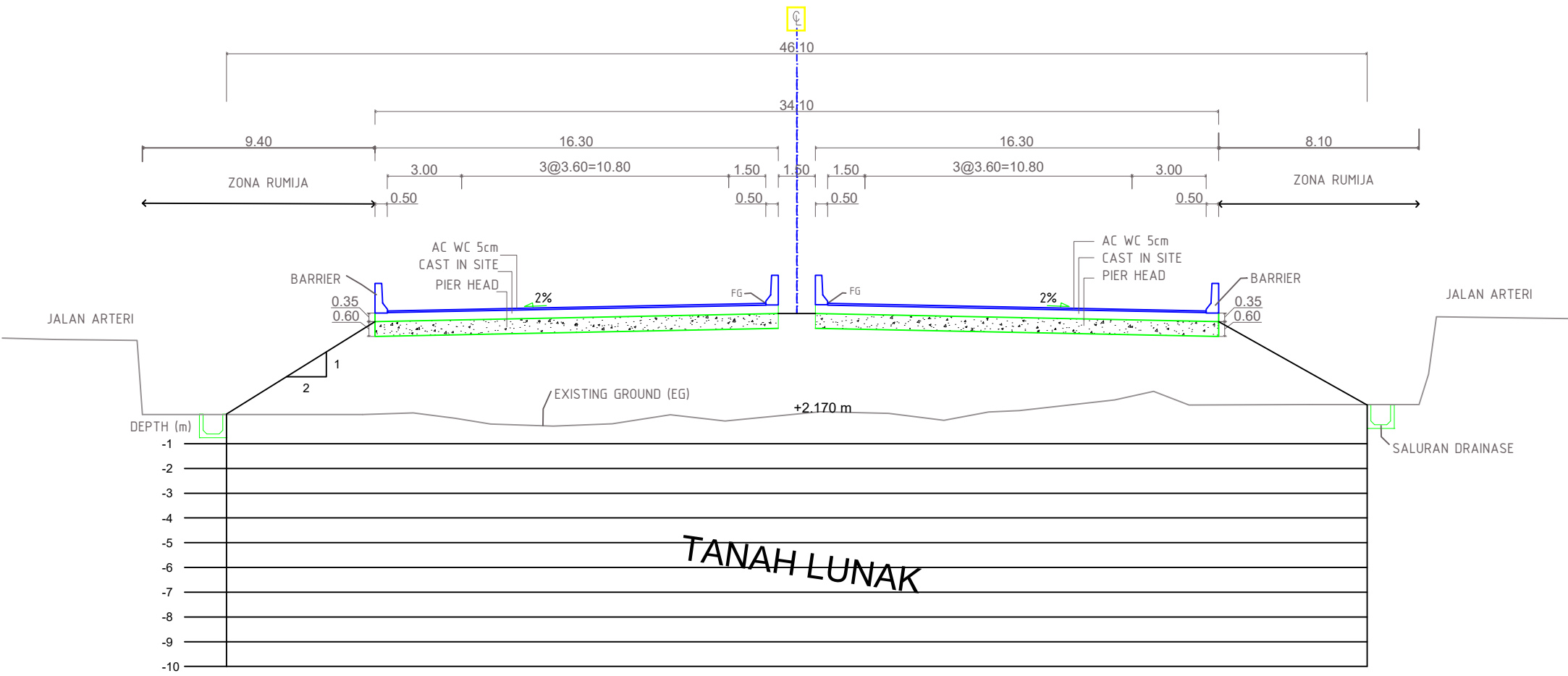
KODE GAMBAR

NO.

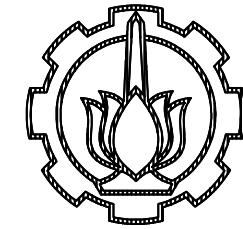
13

JUMLAH

21



POTONGAN MELINTANG PADA BH - 06 DENGAN KEDALAMAN TANAH LUNAK 10 m



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM DIPLOMA IV  
TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL

## MATA KULIAH

Proyek Akhir Terapan

## JUDUL GAMBAR

Potongan Melintang STA 36+070 s.d  
36+630

## DOSEN PEMBIMBING

M. Khoiri, ST. MT. PhD

## NAMA MAHASISWA

Zakky Rachmadi Ma'ruf  
10111410000019

## KETERANGAN

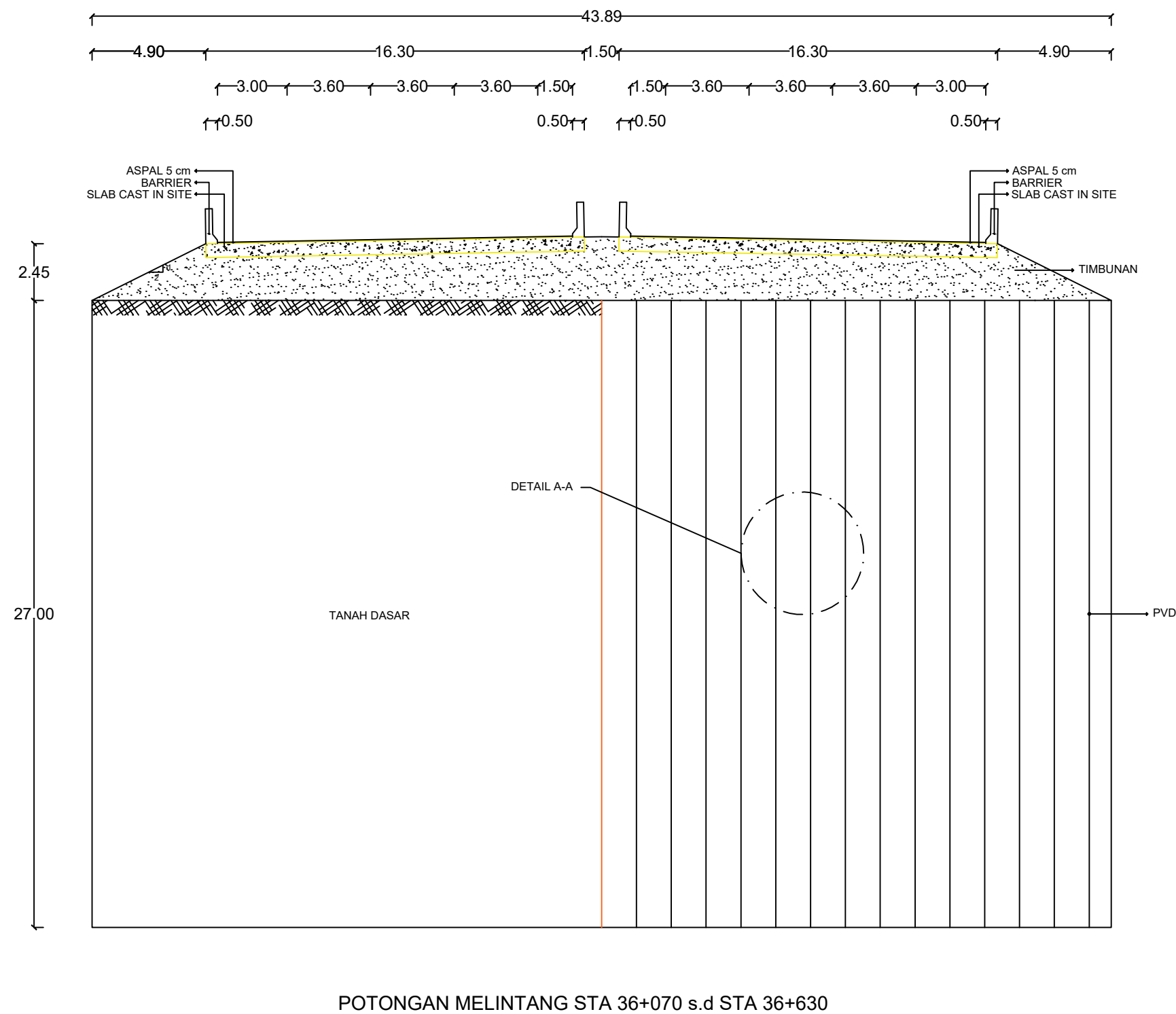
## KODE GAMBAR

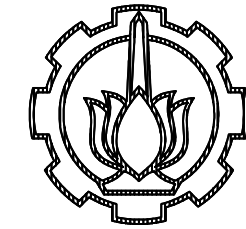
NO.

14

JUMLAH

21





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM DIPLOMA IV  
TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL

## MATA KULIAH

Proyek Akhir Terapan

## JUDUL GAMBAR

Potongan Melintang STA 37+015 s.d  
37+186 dan STA 37+303

## DOSEN PEMBIMBING

M. Khoiri, ST. MT. PhD

## NAMA MAHASISWA

Zakky Rachmadi Ma'ruf  
10111410000019

## KETERANGAN

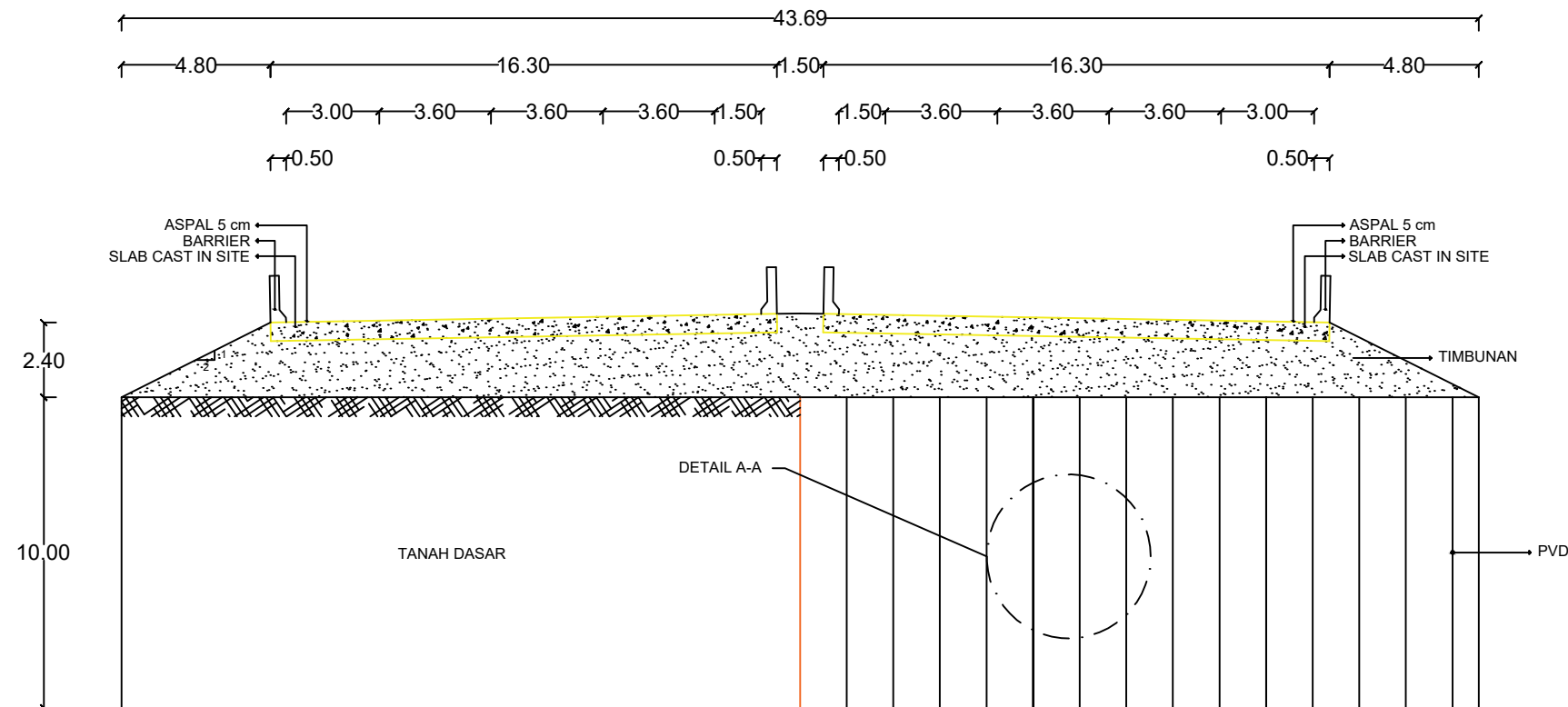
## KODE GAMBAR

NO.

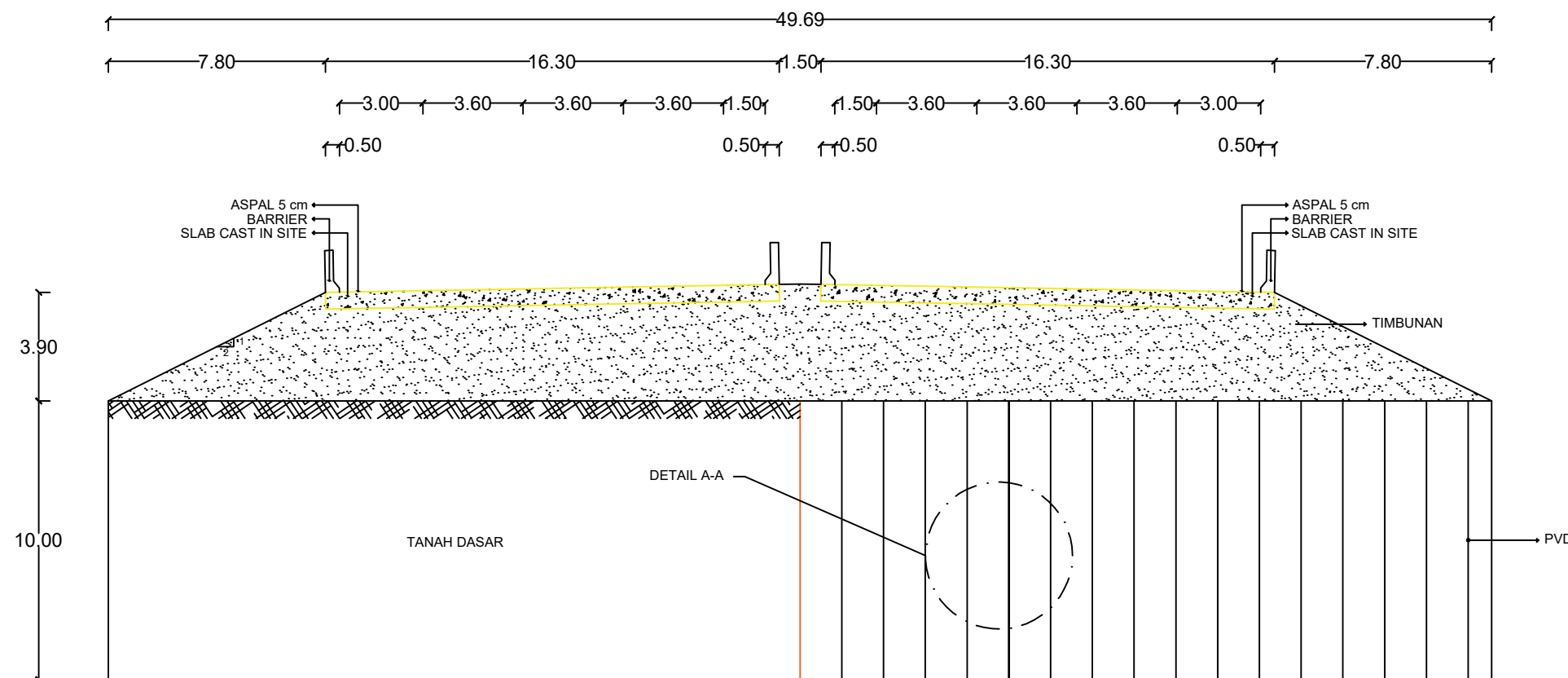
15

JUMLAH

21

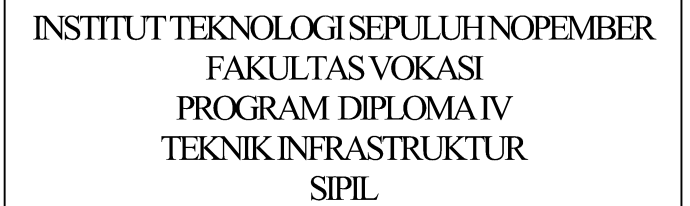


POTONGAN MELINTANG STA 37+015 s.d STA 37+186



POTONGAN MELINTANG STA 37+303





## Proyek Akhir Terapan

Potongan Melintang STA 37+225 s.d  
37+264

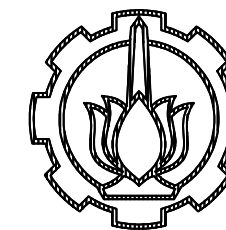
M. Khoiri, ST. MT. PhD

Zakky Rachmadi Ma'ruf  
10111410000019

### KODE GAMBAR

<b>NO.</b>	<b>JUMLAH</b>
<b>16</b>	<b>21</b>





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM DIPLOMA IV  
TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL

### MATA KULIAH

Proyek Akhir Terapan

### JUDUL GAMBAR

Detail A-A

### DOSEN PEMBIMBING

M. Khoiri, ST. MT. PhD

### NAMA MAHASISWA

Zakky Rachmadi Ma'ruf  
10111410000019

### KETERANGAN

### KODE GAMBAR

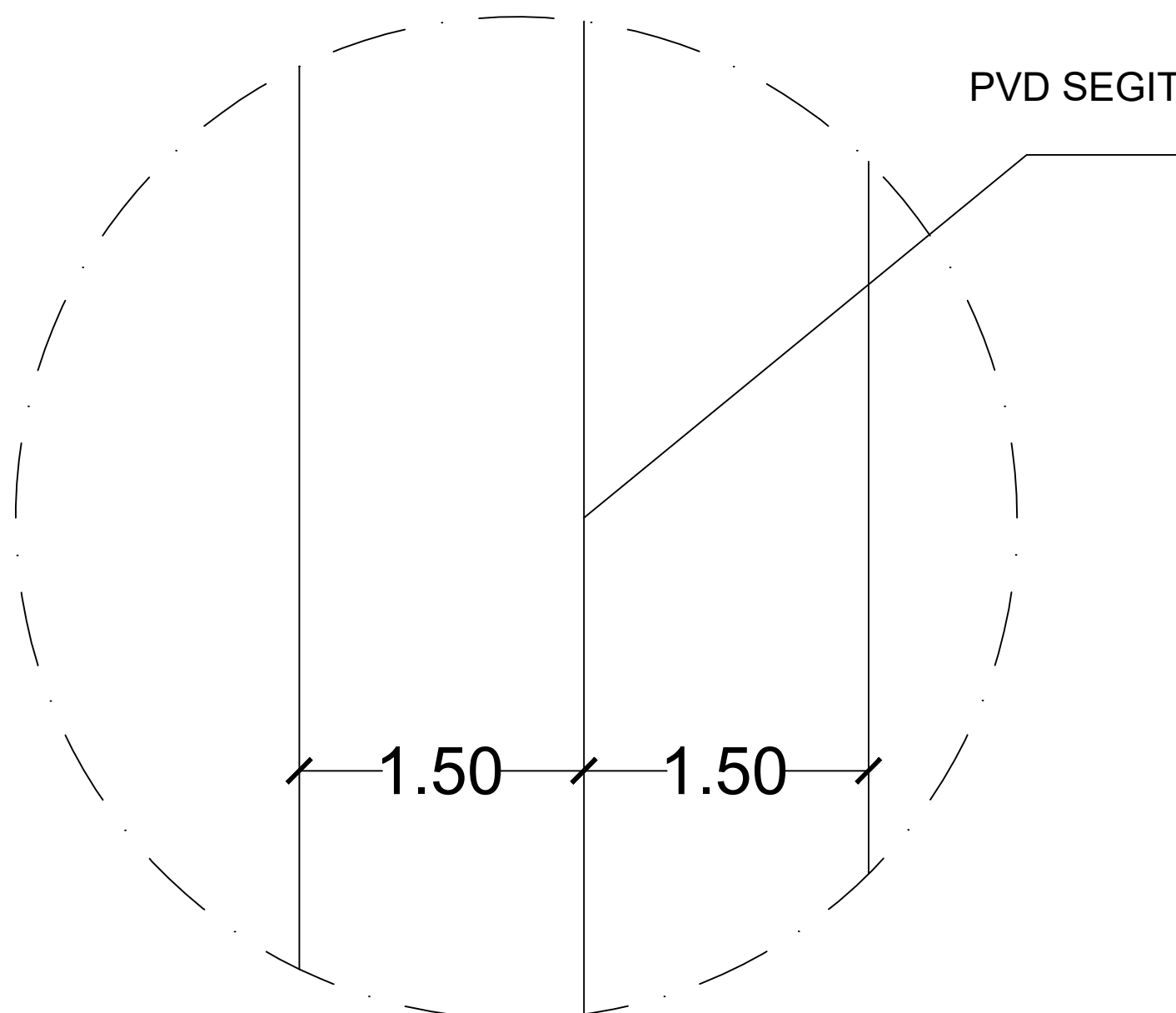
NO.

17

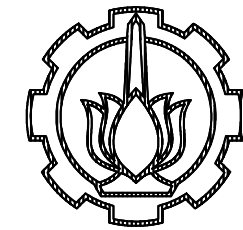
JUMLAH

21

PVD SEGITIGA



DETAIL A-A



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM DIPLOMA IV  
TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL

## MATA KULIAH

Proyek Akhir Terapan

## JUDUL GAMBAR

Potongan Memanjang STA 36+070 s.d  
36+630 dan Detail 1-1

## DOSEN PEMBIMBING

M. Khoiri, ST. MT. PhD

## NAMA MAHASISWA

Zakky Rachmadi Ma'ruf  
10111410000019

## KETERANGAN

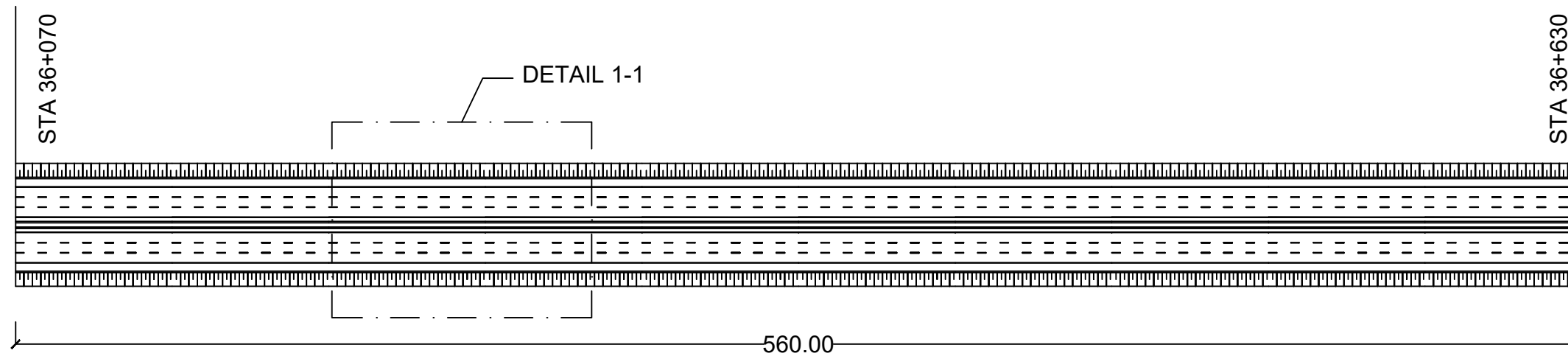
## KODE GAMBAR

NO.

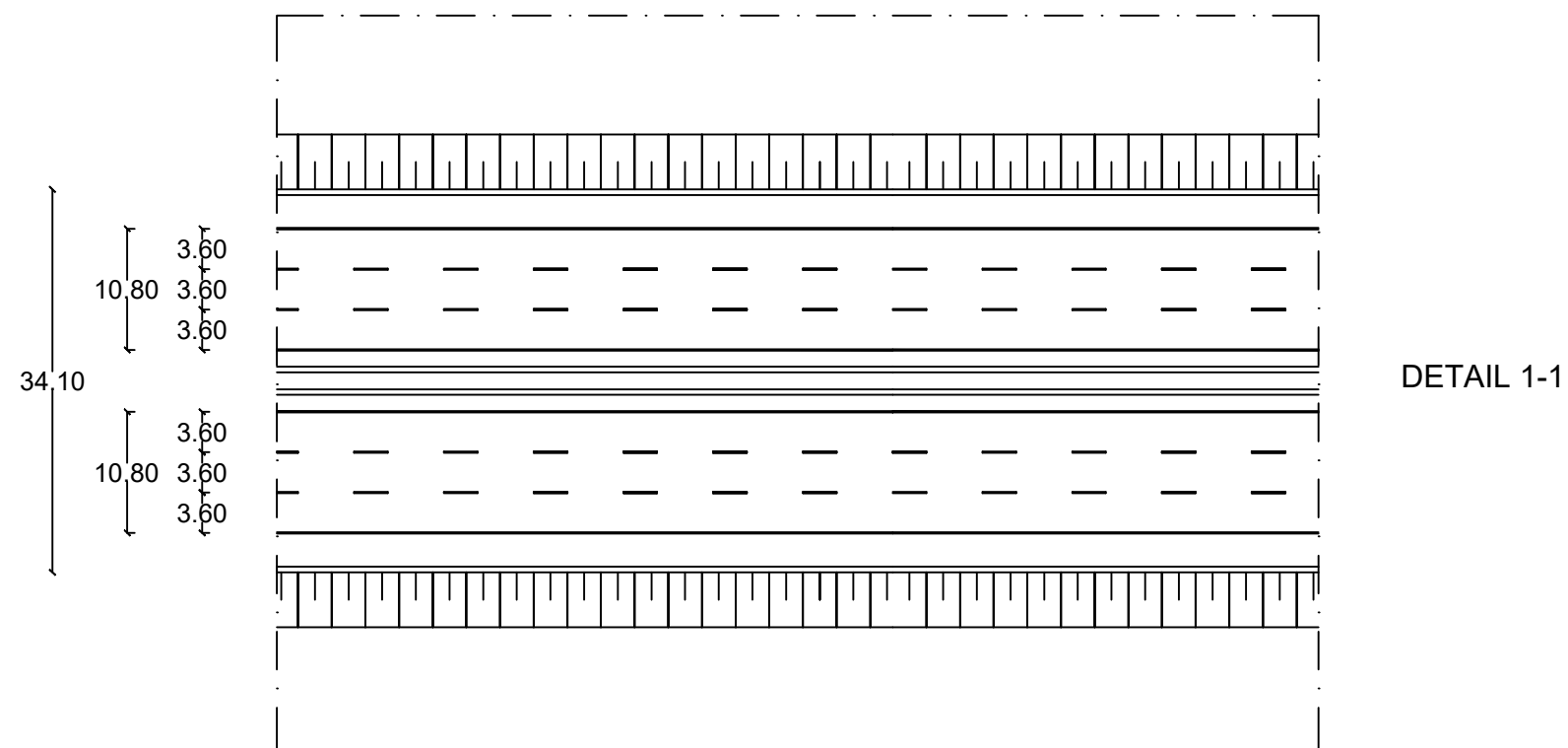
18

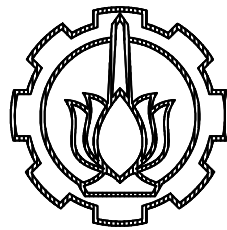
JUMLAH

21



POTONGAN MEMANJANG STA 36+070 s.d STA 36+630





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM DIPLOMA IV  
TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL

MATA KULIAH

Proyek Akhir Terapan

JUDUL GAMBAR

Potongan Memanjang STA 36+070 s.d  
36+630 dan Detail 1-1

DOSEN PEMBIMBING

M. Khoiri, ST. MT. PhD

NAMA MAHASISWA

Zakky Rachmadi Ma'ruf  
10111410000019

KETERANGAN

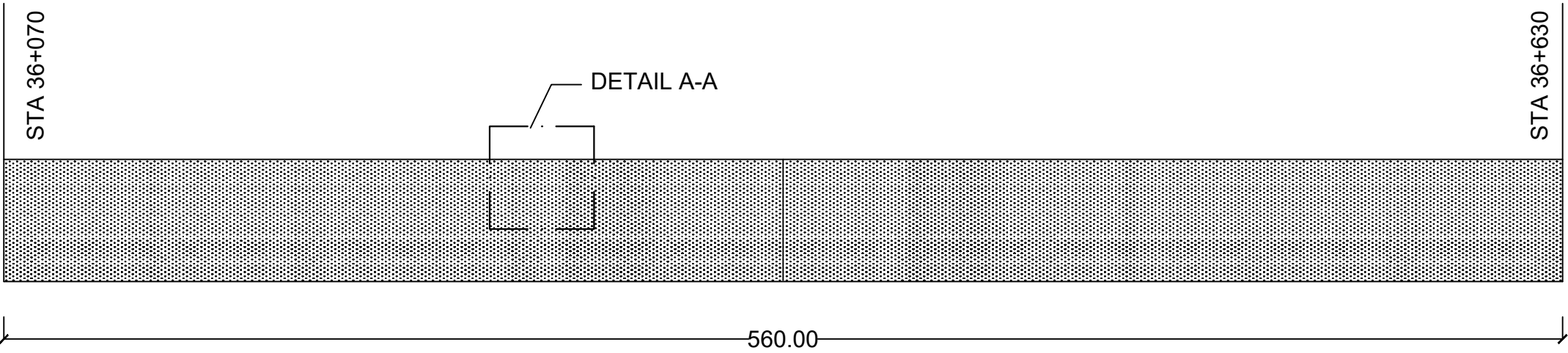
KODE GAMBAR

NO.

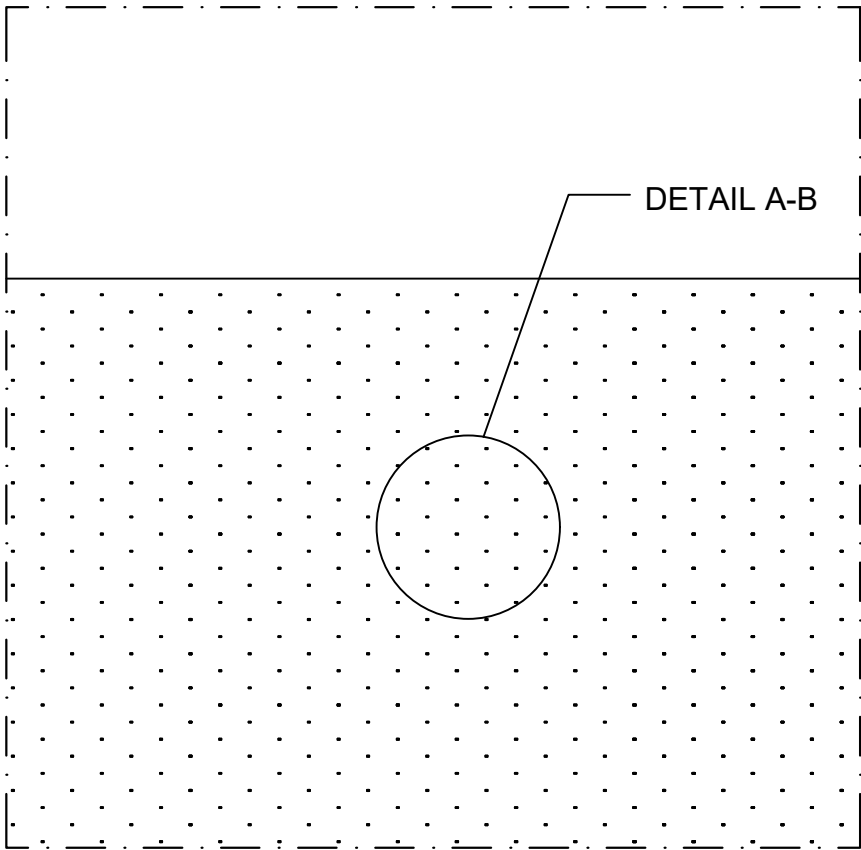
19

JUMLAH

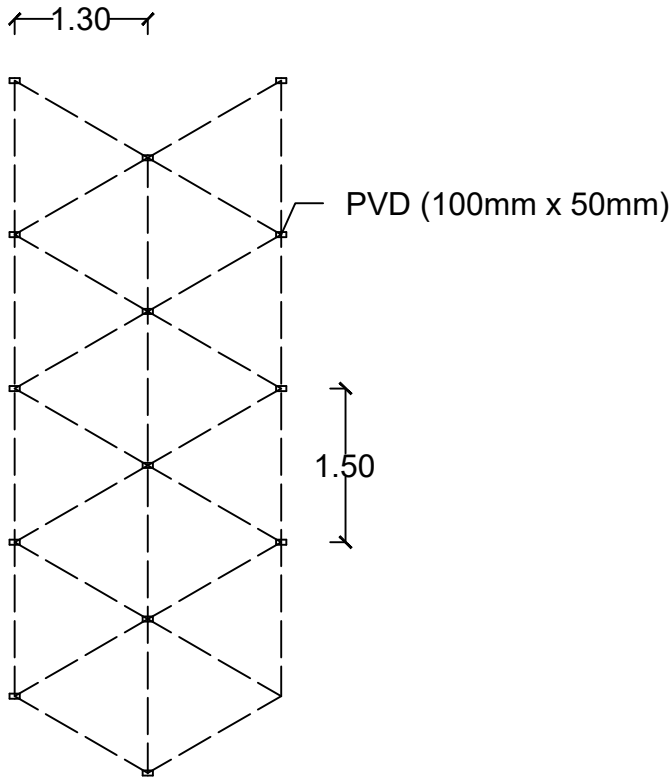
21



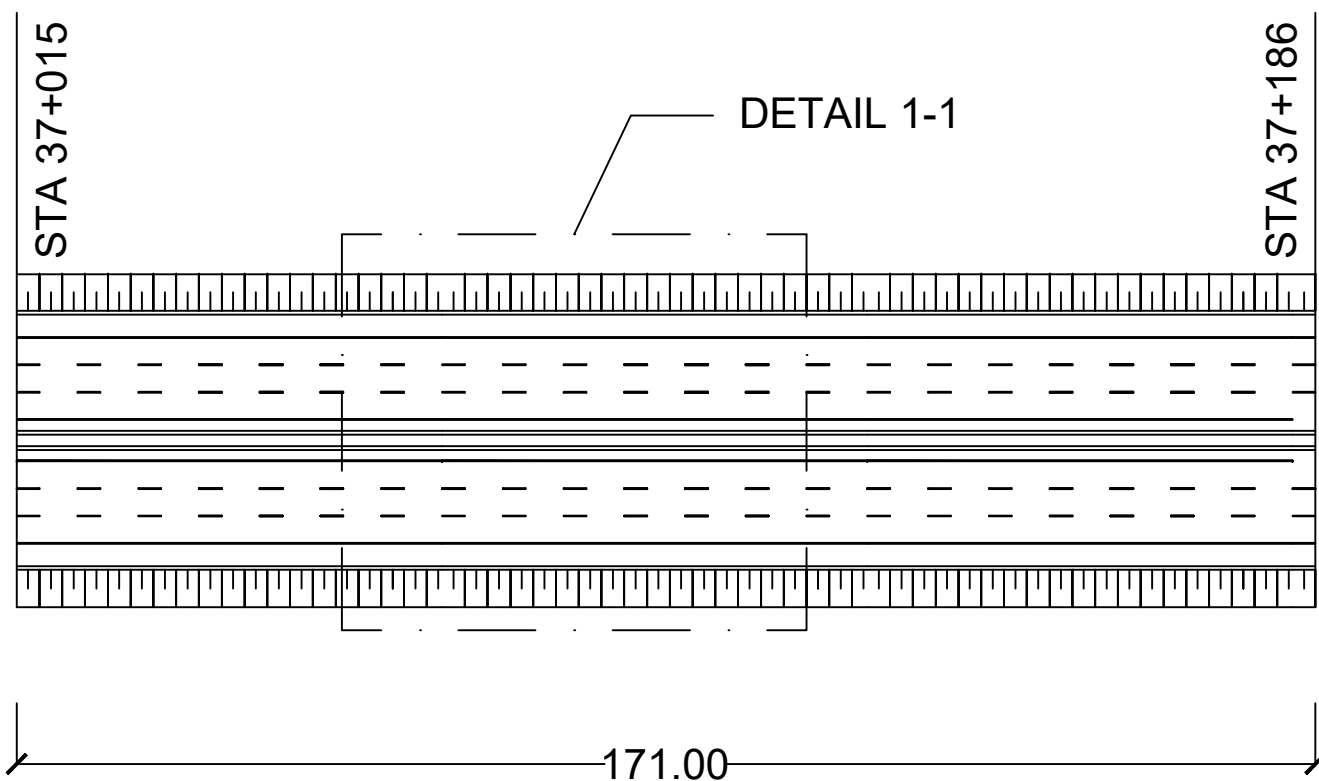
POTONGAN MEMANJANG STA 36+070 s.d STA 36+630



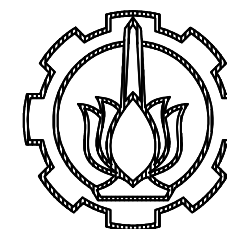
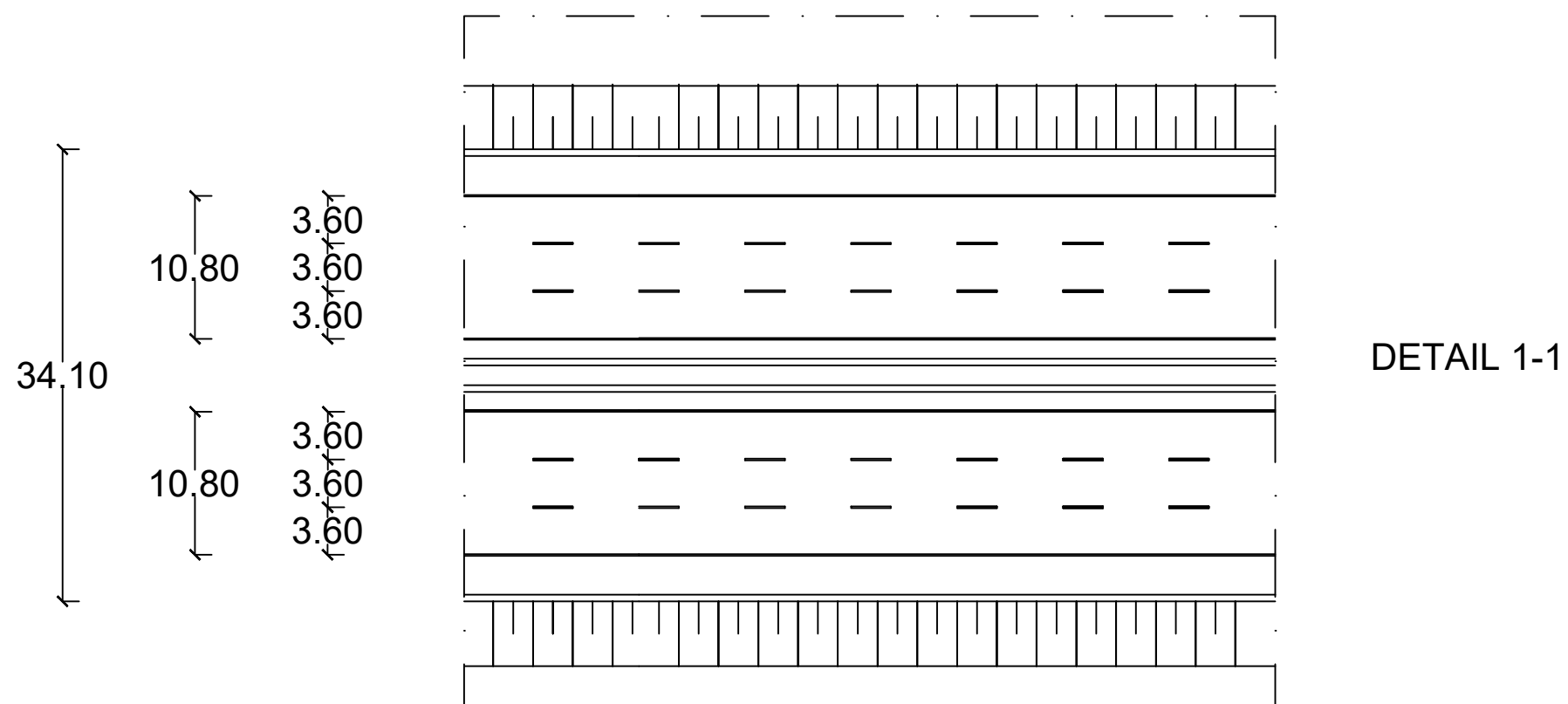
DETAIL A-A



DETAIL A-B



POTONGAN MEMANJANG STA 37+015 s.d STA 37+186



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM DIPLOMA IV  
TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL

## MATA KULIAH

Proyek Akhir Terapan

## JUDUL GAMBAR

Potongan Memanjang STA 36+070 s.d  
36+630 dan Detail 1-1

## DOSEN PEMBIMBING

M. Khoiri, ST. MT. PhD

## NAMA MAHASISWA

Zakky Rachmadi Ma'ruf  
10111410000019

## KETERANGAN

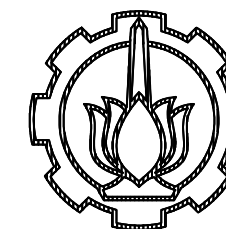
## KODE GAMBAR

NO.

20

JUMLAH

21



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
PROGRAM DIPLOMA IV  
TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL

## MATA KULIAH

Proyek Akhir Terapan

## JUDUL GAMBAR

Potongan Memanjang STA 36+070 s.d  
36+630 dan Detail 1-1

## DOSEN PEMBIMBING

M. Khoiri, ST. MT. PhD

## NAMA MAHASISWA

Zakky Rachmadi Ma'ruf  
10111410000019

## KETERANGAN

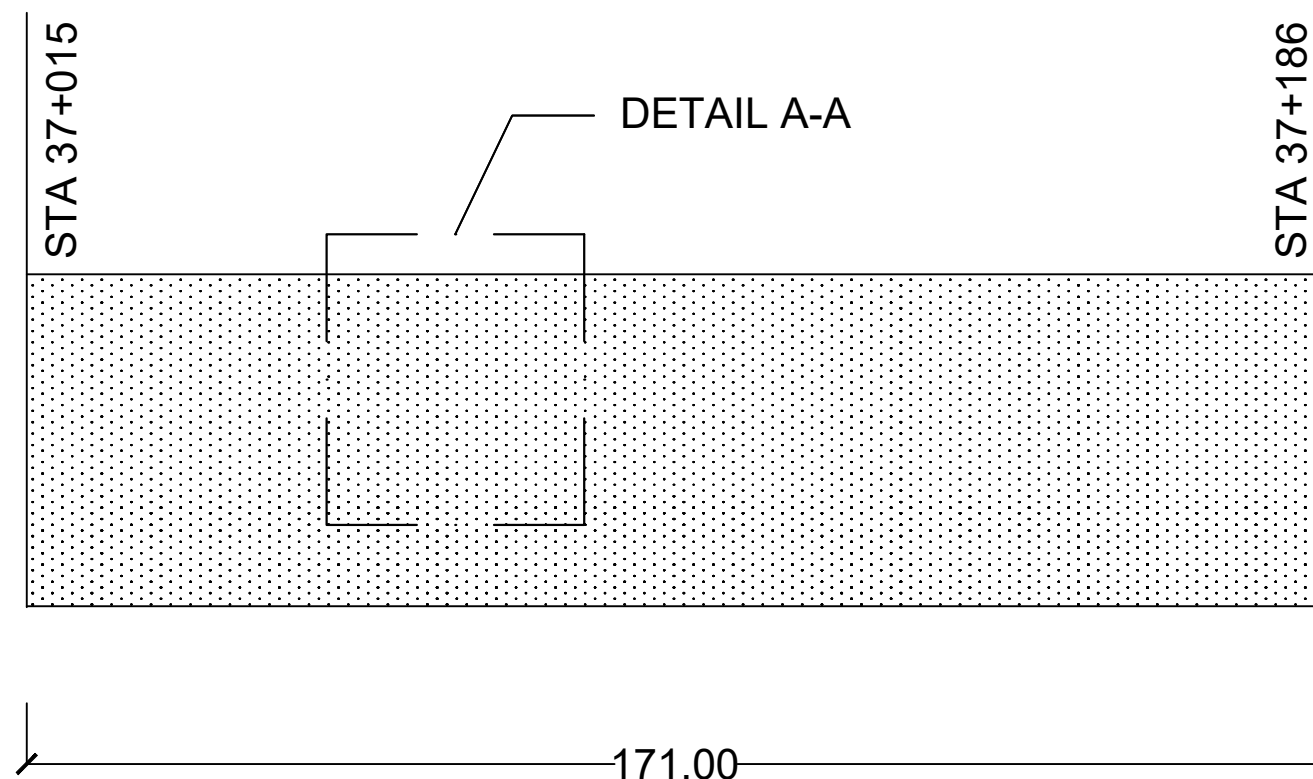
## KODE GAMBAR

NO.

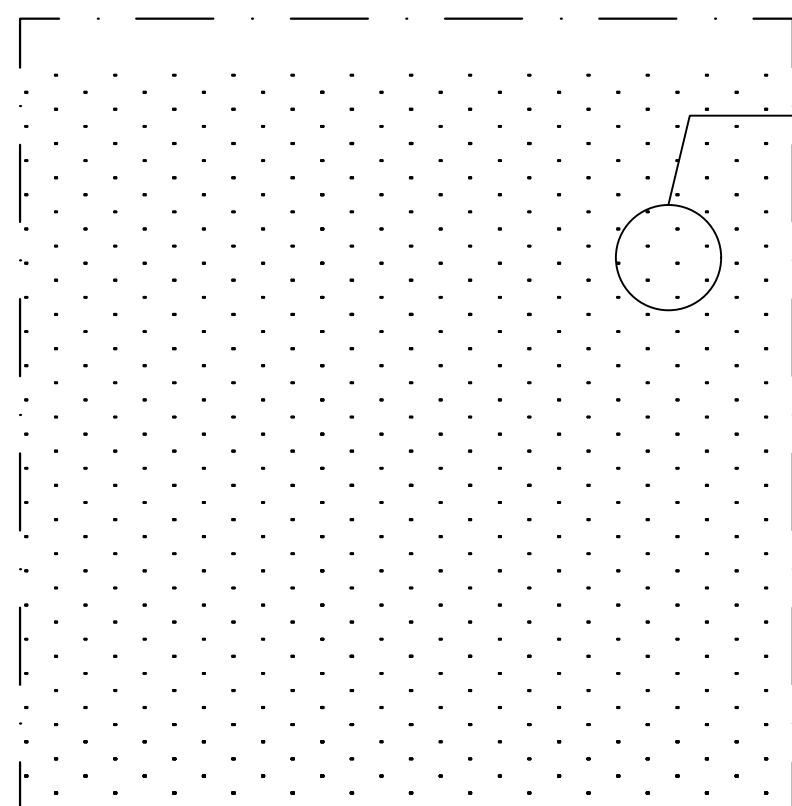
21

JUMLAH

21

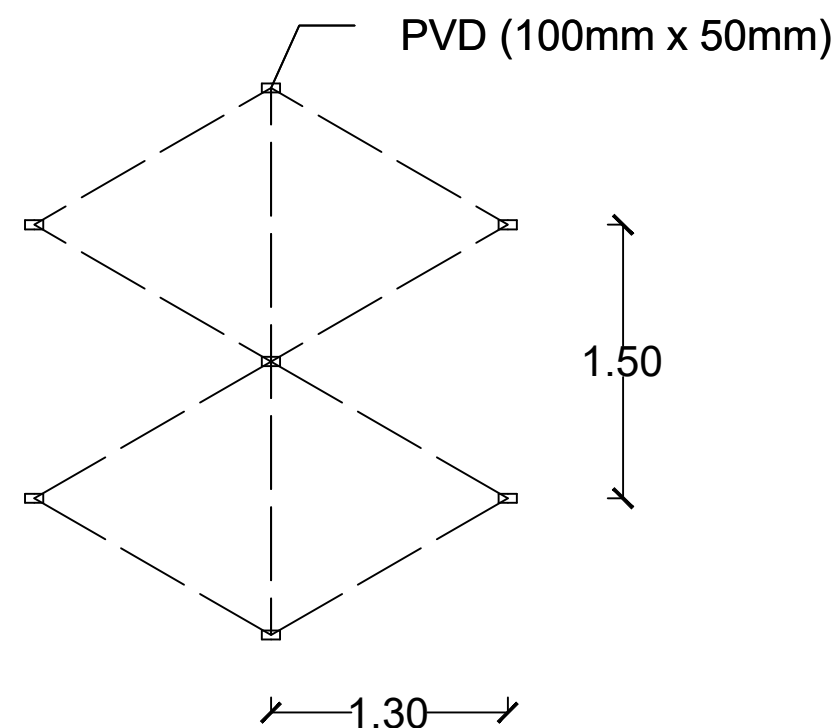


POTONGAN MEMANJANG STA 37+015 s.d STA 37+186



DETAIL A-A

DETAIL A-B



DETAIL A-B